

## O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis





***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

# ***Documentos 347***

## **O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis**

***Décio Luiz Gazzoni***

**Autor**

Embrapa Soja  
Londrina, PR  
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass, acesso Orlando Amaral, Distrito de Warta  
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR

Fone: (43) 3371 6000

Fax: (43) 3371 6100

www.cnpso.embrapa.br

cnpso.sac@embrapa.br

**Comitê de Publicações da Embrapa Soja**

Presidente: *Ricardo Vilela Abdelnoor*

Secretário-Executivo: *Regina Maria Villas Bôas de Campos Leite*

Membros: *Adeney de Freitas Bueno, Adônis Moreira, Alvadi Antonio Balbinot Junior, Claudio Guilherme Portela de Carvalho, Decio Luiz Gazzoni, Francismar Correa Marcelino-Guimarães, Fernando Augusto Henning e Norman Neumaier.*

Supervisão editorial: *Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol*

Normalização bibliográfica: *Ademir Benedito Alves de Lima*

Editoração eletrônica: *Marisa Yuri Horikawa*

Capa: *Marisa Yuri Horikawa*

Foto da capa: *Décio Luiz Gazzoni*

**1ª edição**

**On line (2013)**

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Soja

---

Gazzoni, Décio Luiz

O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis. / Décio Luiz Gazzoni. – Londrina: Embrapa Soja, 2014.

80p. : il. – ( Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.347 )

1.Biocombustível. 2.Combustível. 3.Uso da terra. Título. II.Série.

CDD 662.669 (21.ed.)

# Autor

**Décio Luiz Gazzoni**

Engenheiro Agrônomo

pesquisador da Embrapa Soja

Email: [decio.gazzoni@embrapa.br](mailto:decio.gazzoni@embrapa.br)



# Apresentação

As Mudanças Climáticas Globais, atualmente em curso, são decorrentes do aumento da concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera terrestre, especialmente nos últimos 50 anos. Estudos avaliados pelo IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) indicam que o aumento da concentração é fundamentalmente devido às emissões de GEE de origem antrópica, destacando-se aquelas ocasionadas pela combustão de fontes fósseis de energia, como petróleo, carvão e gás.

Na esteira destes estudos, políticas públicas foram implantadas em diversos países, objetivando a redução de uso de fontes fósseis de energia, com destaque para o incentivo à produção e uso de biocombustíveis, cujos estudos iniciais indicavam que poderiam reduzir fortemente as emissões de GEE.

Em decorrência do aumento do seu uso, foram aprofundados os estudos para estabelecer com mais precisão a efetiva contribuição dos biocombustíveis para a redução das emissões. No bojo desses estudos, surge o conceito de Mudança do Uso da Terra, direta e indireta, cujas siglas em inglês são LUC (= dLUC - Land Use Change) e ILUC (= iLUC - Indirect Land Use Change). De acordo com as teorias que suportam esses conceitos, a produção de biocombustíveis, ao invés de eliminar as emissões nos volumes previamente estabelecidos, transferiria as mesmas para outras áreas, para onde seriam deslocadas as culturas que, anteriormente, se estabeleciam nos locais onde passou a ser produzida a matéria prima para biocombustíveis. O tema continua muito controverso, embora tenha pautado algumas políticas públicas.

O Capítulo I da presente publicação apresenta, de forma didática, os conceitos, as teorias a eles associadas, os modelos usados para estabelecer as emissões decorrentes dos processos de LUC e ILUC, os impactos nas políticas públicas e no comércio doméstico e internacional, e as reações dos principais setores afetados pelos novos conceitos, de acordo com as mais recentes informações disponíveis na literatura especializada. O capítulo II é dedicado a análise ex-post dos conceitos, decorridos dez anos de sua formulação inicial, com base em dados reais da agropecuária mundial e da produção de biocombustíveis.

*José Renato Bouças Farias*  
Chefe Geral, Embrapa Soja



# Sumário

<b>O conceito de mudança indireta do uso da terra e suas implicações..</b>	<b>11</b>
1- Introdução .....	11
2 - Demanda, preços e mudança no uso da terra .....	12
3 - Os modelos para cálculo das emissões por ILUC.....	18
3.1 Questionamentos dos modelos.....	20
3.2 Propostas de melhorias nos modelos.....	21
4. Contexto e lógica .....	22
5. A formulação teórica e a indução de normas .....	23
6. Eficiência energética e emissões: estudos e controvérsia .....	25
7. Crítica e polêmica.....	27
8. Implementação dos regulamentos.....	30
9. Padrões de Combustíveis Renováveis da EPA.....	33
10. Reações .....	37
10.1 - Reino Unido .....	38
10.2 - União Europeia.....	39
11. Sistema de Certificação.....	41
12. Conclusões do Capítulo I .....	42
 <b>Cotejando o ILUC com as estatísticas de produção e uso da terra.....</b>	<b>44</b>
1. Introdução.....	44
2. Contexto.....	44
3. O recurso terra.....	51
4. A produção de biocombustíveis.....	52
5. O uso da terra.....	55
6. Análise da série histórica vis a vis modelos preditivos de ILUC .....	58
7. Conclusões do Capítulo II .....	63
 <b>Referências .....</b>	<b>64</b>



# O impacto do uso da terra na sustentabilidade dos biocombustíveis

---

*Décio Luiz Gazzoni*

## O conceito de mudança indireta do uso da terra e suas implicações.

### 1- Introdução

As siglas LUC ou dLUC (Land Use Change), que mede o efeito direto, e ILUC ou iLUC (Indirect Land Use Change), que aborda o efeito indireto das mudanças de usos do solo para produção de matéria prima para biocombustíveis, são a mais recente grande preocupação dos governos e do setor privado, interessados na exportação de biocombustíveis para a Europa, Japão e EUA. O efeito direto é menos preocupante, posto que tangível e mensurável *ex ante* ou *ex post* no curto ou médio prazo.

Com referencia ao ILUC, a teoria reza que o aumento de produção de biocombustíveis, em um determinado país, pode levar à redução da sua área de produção de alimentos. Em consequência, como a demanda pelo produto original se mantém, outra área com uso não agrícola é convertida para a agricultura. No limite, em uma sequência de eventos encadeados para equilibrar oferta e demanda de produtos agrícolas, outro país, que pode estar situado a 20.000 km de distância, desmataria a floresta para substituir a área de alimentos que desapareceu no país que passou a produzir biocombustíveis. De acordo com os defensores

da tese, os conceitos de LUC e ILUC, e suas influências nas políticas públicas, são a melhor forma de evitar desmatamentos associados à produção de biocombustíveis, mesmo que induzidos à longa distância.

De acordo com as definições clássicas encontradas na literatura, o uso indireto da terra para fins agrícolas pode ocorrer em duas situações:

- a. Quando ocorre a substituição de uma área de pastagem ou de exploração agrícola por outro cultivo, sendo o uso original retomado em outra área, originalmente não dedicada à agricultura;
- b. Quando surge um novo uso para determinado produto agrícola, que desencadeia elevação de preços, resultando em maior demanda de área agrícola em locais não tradicionais.

O tema é muito controverso e suscita debates apaixonados. Por exemplo, para autoridades e empresários de países que pretendem produzir biocombustíveis para exportação, os países que incorporam esta tese polêmica em seus regulamentos, incapazes de competir com os países produtores, interporiam barreiras técnicas a todo o instante, para barrar as importações de países mais competitivos. O LUC/ILUC seria mais uma delas, na esteira do desmonte da teoria de que biocombustíveis competiriam com a produção de alimentos. Já para os produtores de biocombustíveis do Hemisfério Norte que, no final, também são prejudicados, há sempre a ilação da atuação dos poderosos lobbies do petróleo, gás e carvão. A presente publicação pretende organizar de forma didática os conceitos, os modelos, os estudos e resgatar a evolução da discussão sobre o tema e a sua incorporação na legislação dos EUA e da Europa, sem expressar juízo de valor a respeito.

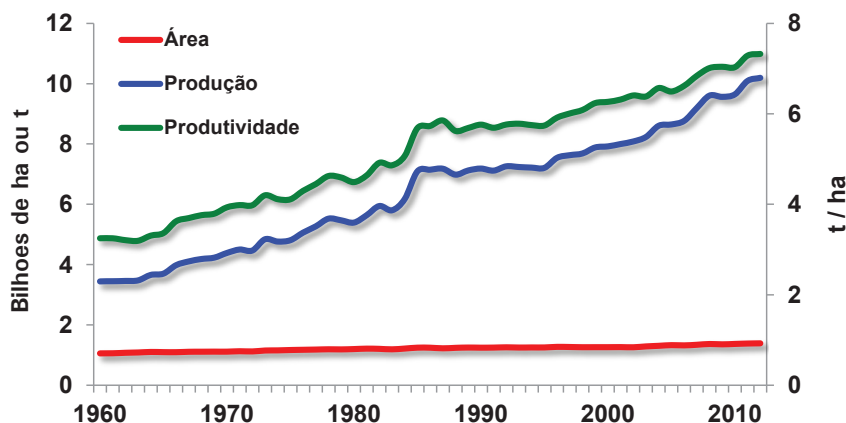
## **2 - Demanda, preços e mudança no uso da terra**

Os rendimentos médios das principais culturas alimentares do mundo têm aumentado ao longo dos últimos 50 anos, e esses aumentos de produtividade têm variado no decorrer do tempo. Para a maioria das culturas, os rendimentos cresceram significativamente mais rápido durante os períodos de maior aceleração das taxas de demanda, apesar

de que a contribuição do incremento da produtividade para o crescimento da produção tem variado entre culturas.

A Figura 1 demonstra esta tese com clareza, ao contrastar a produção entre 1960 e 1912 com a área ocupada e com a produtividade obtida, em cada ano, em todo o mundo, para 180 produtos agrícolas cujos parâmetros são acompanhados anualmente pela FAO. Observa-se que, enquanto o crescimento da área configura-se marginal, a curva de produtividade ajusta-se com peculiar precisão à curva de produção dos produtos. Por abstrair as sazonalidades de clima e de mercado, os parâmetros apresentados nesta Figura mostram como o crescimento acelerado da demanda de produtos agrícolas, nos últimos 50 anos, induziu principalmente ganhos de produtividade, porque os sinais de mercado foram mais fortes nesta direção.

Figura 1. Área, produção e produtividade de 180 produtos agrícolas do mundo, acompanhados pela FAO.



Fonte: FAOSTAT, 2013 ([www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org))

As variações observadas refletem a gama de medidas disponíveis para os produtores aumentarem a produção, cuja preferência por parte do agricultor é diferente nos períodos de baixo crescimento da demanda (baixo preço relativo) comparativamente aos períodos de preços mais

elevados. Autores como Lywood et al. (2009) demonstraram que o rendimento da cultura, área e alterações de preço não são independentes, e que as mudanças de área e alterações de rendimento em resposta a sinais do mercado variam em função de diferentes culturas e regiões.

Estudos dessa ordem auxiliam a explicar os movimentos no seio do agronegócio, em função dos incentivos de políticas públicas e sinalizações do mercado. No caso dos biocombustíveis, sua indução recente, decorrente de pressões sociais, políticas públicas ou demandas de mercado, deflagrou aumentos na demanda de matéria prima, em geral em cultivos que tem dupla finalidade (alimento e energia), elevando a demanda agregada acima da capacidade de resposta imediata pelo incremento de produtividade.

A crescente demanda global por culturas agrícolas aumentou as preocupações em relação aos impactos ambientais negativos da expansão da fronteira agrícola. Esses incluem os efeitos sobre a biodiversidade e sobre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) de áreas de florestas nativas ou de pastagens convertidas para uso agrícola. Embora a maior pressão da demanda agrícola ocorra nas áreas de produção de alimentos (o que inclui a pecuária), a crescente utilização de culturas tradicionalmente alimentares para a produção de energia representa uma nova fonte de demanda incremental dos mesmos produtos, embora com novos usos. Ou seja, o agronegócio se torna cada vez mais complexo, conforme aumentam as demandas sociais, diversificando o portfólio de produtos que saem das fazendas.

A determinação das emissões de GEE provenientes da conversão de terras requer uma avaliação da área de terra agrícola incremental que é necessária para atender a demanda adicional de matérias-primas, ou seja, descontado o aumento da produção decorrente do ganho de produtividade.

As leis naturais da economia relativamente à oferta e à procura indicam que a maior demanda para as culturas resultará em preços mais elevados, induzindo investimentos para o aumento da produção. Pela mesma

lógica, a proporção de aumento da produção adveniente do crescimento da produtividade ou da área vai depender do retorno real ou percebido pelo agricultor, relativamente a cada uma das opções, sendo sua decisão modulada por preços globais ou por fatores regionais.

A Tabela 1 mostra a taxa de crescimento geométrico anual na produção global de algumas culturas produtoras de matérias primas para biocombustíveis, no período 1961-2012, e quanto desse aumento pode ser explicado pelo incremento da produtividade ou por expansão na área agrícola.

**Tabela 1.** Taxas de crescimento geométrico da área, produção e produtividade de cultivos utilizados para produção de agroenergia no mundo, entre 1960 e 2012.

	Total	Cereais	Milho	Trigo	Canola	Soja	Cana	Palma
<b>A. Área</b>	0,51	0,15	0,92	0,15	3,25	2,81	2,03	3,41
<b>B. Produção</b>	2,06	2,08	2,81	2,22	2,27	4,40	2,68	6,62
<b>C. Produtividade</b>	1,55	1,93	1,88	2,06	5,56	1,55	0,67	3,14
<b>A / C (%)</b>	32,90	7,77	48,94	7,28	58,45	181,29	302,99	108,60

Fonte: FAOSTAT, 2013 ([www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org))

Giannakis et al. (2001) sugerem que as mudanças de rendimento são determinadas pelo crescimento de base tecnológica, sendo a sua adoção diferencial em função das induções, especialmente decorrentes de políticas públicas ou do mercado. Thirtle et al. (2004) relacionam a produtividade agrícola total no Reino Unido a fatores como a intensidade do investimento em pesquisa, o número de patentes emitidas, o tamanho da propriedade e o clima. Hadley e Patterns (2006) mostraram que o aumento da produção agrícola por fator de produção pode ser dividido entre ampliação do teto de produtividade teórica, observadas as melhores práticas agrícolas, e os ganhos práticos observados entre rendimentos médios e aqueles obtidos com as melhores práticas.

Outros autores têm proposto uma relação entre rendimento e preço. Keeney e Hertel (2005) revisaram alguns dos trabalhos publicados e concluíram que são escassas as estimativas diretas de relações entre rendimento agrícola e preço. Ao contrário, Choi e Helmberger (1993) apontam para uma relação entre preços e rendimento significativa. Na mesma trilha, Ash e Lin (1987) propõem que o aumento da demanda incrementa o uso de terras marginais, o que implica em redução do rendimento médio, sendo que Keeney & Hertel (2005) e Van Meijl et al (2006), incluem um fator de elasticidade adicional para explicar a “derrapagem de rendimento”, que é o termo utilizado para descrever os menores rendimentos em áreas marginais, o qual é subtraído da estimativa de crescimento da produtividade por mudanças tecnológicas.

Searchinger et al (2008a) utilizaram um valor de “derrapagem” que anula completamente o aumento da produção devido a avanços tecnológicos para o milho nos Estados Unidos. Este estudo provocou uma enorme polêmica, com sérios desdobramentos tanto em estudos acadêmicos, quanto em políticas públicas e relações comerciais, situando-se na gênese dos conceitos de LUC e ILUC.

De acordo com o estudo de Lywood et al. (2009), para as culturas de cereais (União Europeia), milho (EUA), canola (União Europeia), soja (América Latina), cana de açúcar (Brasil) e palma de óleo (Sudeste Asiático), que têm em comum o fato de ser matéria prima para produção de biocombustíveis, existe uma relação estatisticamente significativa entre as mudanças de área ou alterações de rendimento e a cotação do produto no mercado, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2. Contribuição percentual do aumento de área ou de produtividade para o aumento da produção, em função da indução do aumento da demanda e do preço do produto, entre 1961 e 2007.

	Cereais	Milho	Canola	Soja	Cana	Palma
A. Área	78	58	37	10	10	23
B. Produtividade	22	42	63	90	90	77

Fonte: Lywood et al. (2008)



Isso fornece evidências científicas sólidas de comprovação da formulação teórica e da percepção empírica de como as decisões de investimento dos agricultores são racionais, posto que, em resposta às mudanças da demanda global, ocorre um aumento da produção global por expansão da área ou incremento do rendimento. No estudo referido, baseado em modelos matemáticos lastreados em séries históricas, a maior contribuição de acréscimo de produtividade para o aumento de produção é de 78%, para o conjunto de cereais da União Europeia.

Uma explicação plausível para os números da Tabela 2 reside no fato de que os cereais são cultivados na Europa há milênios, sendo uma exploração agrícola madura, com base inicial de produção e produtividade altas. Os incentivos de subsídios agrícolas vinculados ao volume de produção de cada agricultor aproximaram a produtividade do teto possível com a tecnologia disponível, obnubilando os diferenciais que os ganhos de produtividade poderiam conferir em relação à expansão da área. A análise exposta também se adequa ao milho norte-americano.

Por outro lado, a cultura da canola experimentou um incremento inusitado nos últimos anos, em grande parte pela demanda para produção de biodiesel na Europa, e já ao abrigo de novas regras de subsídios agrícolas, mais restritivas. Como se trata de uma cultura sem o mesmo lastro de tradição dos cereais, e como as opções de expansão de área eram reduzidas, o incremento de produtividade, na mesma área geográfica da União Europeia foi maior.

Finalmente, em regiões como a América Latina (soja) ou o Sudeste Asiático (palma de óleo), ou no caso da cana-de-açúcar no Brasil, a indução dos preços para o aumento da produção levou os agricultores a decidirem pelo investimento em tecnologia e na elevação da produtividade, por ser a alternativa com maior retorno da margem de seu negócio. Corroboram o exposto o fato de o Brasil e a Argentina liderarem, nos últimos anos, os índices de produtividade de soja entre os grandes países produtores. Há muitos anos, o Brasil apresenta a maior produtividade de cana, em termos globais.

### 3 - Os modelos para cálculo das emissões por ILUC

Como não é possível verificar *ex ante* ou no curto prazo o efeito ILUC, os métodos existentes para determinar tanto os efeitos diretos (LUC) quanto indiretos (ILUC) de uso da terra podem ser agrupados em modelos de equilíbrio de mercado ou de alocação, sendo que estes últimos incorporam outros modelos que não tratam de equilíbrio de mercado.

Os modelos de equilíbrio de mercado são usados para calcular a quantidade, a localização aproximada e o tipo de solo convertido, como resultado de mudança na demanda de biocombustíveis, como ocorre quando um novo mandato de mistura entra em vigor. As emissões decorrentes da mudança são calculadas por contraste entre os dados históricos e os padrões de alterações no estoque de carbono ocasionadas pela mudança de uso da terra.

Os modelos de equilíbrio tanto podem ser de equilíbrio geral ou parcial. Enquanto no equilíbrio parcial são usados dados relativos apenas aos produtos em questão (por exemplo, culturas substituídas ou que substituem culturas tradicionais), os modelos de equilíbrio geral são complexos e abrangem diversos aspectos da economia, normalmente avançando muito além do foco restrito ocasionado pela mudança.

Os modelos também podem ser classificados como dinâmicos ou estáticos. Os modelos dinâmicos permitem trabalhar séries temporais e analisar os impactos entre diferentes áreas geográficas impactadas pelas mudanças com melhor precisão que os estáticos.

Os modelos de equilíbrio capturam os efeitos intersetoriais dentro do respectivo setor econômico, permitindo efetuar a associação entre a intensificação do uso da terra e o LUC. Entretanto, estes modelos possuem desvantagens, relacionadas com a sua complexidade, tratamento das incertezas e a dificuldade de entendimento de sua lógica e formulação para pessoas que estejam fora do grupo restrito que opera o modelo. Outra crítica formulada aos modelos de equilíbrio geral é que são

necessárias grandes quantidades de dados e de parâmetros a serem trabalhados, os quais podem não ser específicos para biocombustíveis, porém derivados de outros setores, introduzindo vieses nos resultados.

Wicke et al (2012) analisaram os resultados de diversos estudos de emissões provocadas por ILUC publicadas na literatura, encontrando valores díspares (incluindo valores positivos e negativos), para os mesmos casos. Os autores afirmam que a grande variação nos valores está relacionada com a forte dependência do efeito de LUC com a matéria prima, o sistema de produção usado na conversão, as especificidades do mercado de terras envolvido em regiões particularizadas, as alternativas para intensificação do uso da terra, as questões locais afetando a oferta de matéria prima para biocombustíveis e os padrões de seu consumo, além das políticas públicas e demais componentes de cada cenário. Ou seja, é quase impossível estabelecer regras gerais que sejam válidas.

A amplitude das variações encontrada na literatura, para as emissões dos diferentes biocombustíveis e matérias primas e para distintas localizações é sumariada a seguir:

- a. **Biodiesel de canola:** De 1 a 80 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; Lywood, 2008; Tipper et al., 2009);
- b. **Biodiesel de soja:** De 1 a 303 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (CALIFORNIA..., 2010; EPA, 2010; Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; Lywood et al., 2008; Tipper et al., 2009);
- c. **Biodiesel de palma de óleo:** De 2 a 30 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; Tipper et al., 2009);
- d. **Biodiesel de girassol:** De 30 a 40 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011);
- e. **Biodiesel na União Europeia:** De 5 a 45 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; Hiederer et al., 2010; ASSESSING..., 2011);
- f. **Etanol de milho:** De -60 a 100 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Searchinger et al., 2008a; CALIFORNIA..., 2010; EPA, 2010; Hertel et al., 2010; Tyner et al., 2010; Al-Riffai et al, 2010; Lywood et al., 2008; Tipper et al., 2009);

**g. Etanol de cana de açúcar:** De 0 a 50 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (CALIFORNIA..., 2010; Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; EPA..., 2010a; Lywood et al., 2008; Tipper et al., 2009);

**h. Etanol de beterraba:** De 0 a 15 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; Tipper et al., 2009; Lywood et al., 2008);

**i. Etanol de trigo:** De -90 a 30 g  $\text{Co}_2\text{eq/MJ}$ ; (Al-Riffai et al, 2010; ASSESSING..., 2011; Tipper et al., 2009; Lywood et al., 2008);

### 3.1 Questionamentos dos modelos

Tanto na literatura científica quanto na técnica ou nos veículos de *mass media*, diversos são os questionamentos efetuados quanto à robustez e a validade dos modelos para estimar LUC e ILUC. Entre os questionamentos que fazem sentido encontram-se:

**a. Bases de dados.** O conceito de LUC e ILUC ainda é recente, não se encontra devidamente sedimentado, faltam estudos que embasem além de qualquer dúvida razoável o balanço de emissões devidas às mudanças, envolvendo a agricultura de energia. As bases utilizadas são importadas de outros ramos, em especial da agricultura de alimentos. Como tal, alguns aspectos não são cobertos, como os coprodutos.

**b. Elasticidade das respostas de produção.** Por serem baseadas em dados históricos, as projeções pecam ao imaginar o futuro como uma extensão do passado, sem a interveniência de inovações tecnológicas, políticas públicas, novos sistemas de produção, novas cadeias produtivas e gestão de negócios, que tornariam a produção de biocombustíveis mais eficiente e sustentável;

**c. Ausência ou insuficiência de dados para determinadas culturas e regiões.** Para suprir a deficiência são emulados dados obtidos em outras condições, para outras culturas, gerando inseguranças quanto à validade dos resultados obtidos;

**d. Dificuldade de prever a quantidade, a localização e o tipo de mudanças.** Os modelos de equilíbrio produzem determinados valores baseados em suposições próprias de sua lógica, porém existe enorme incerteza quanto ao local, o tipo de mudança e a intensidade dela, em função de incentivos ao uso de biocombustíveis;

**e. Complexidade.** As mudanças de uso da terra são processos complexos e dinâmicos, afetados por diferentes variáveis, incluindo

políticas, e que se comportam de maneira diferencial no tempo e no espaço. Os modelos de equilíbrio não possuem a sensibilidade para capturar estas alterações. Neste particular, Plevin et al. (2010) afirmam que a habilidade de prever os impactos das mudanças de uso da terra baseados em uma única variável diretriz, como o preço da *commodity*, é muito limitada, colocando sob suspeita os resultados obtidos, fruto da incerteza da predição;

**f. Variabilidade.** Os resultados para um mesmo caso específico podem ser divergentes, em função da qualidade dos dados, incluindo resolução espacial e a amplitude temporal levada em consideração;

**g. Vinculação.** O ILUC não ocorreria ao acaso, mas dependeria de fatores locais, como a qualidade da floresta, a densidade das árvores, a nobreza da madeira, as vias de acesso, a infraestrutura, a tradição do local, a legislação, as alternativas de negócio, entre outros aspectos. Dificilmente os modelos capturam e contrastam estas variáveis;

**h. Complexo de produtos.** Os coprodutos e outros derivados da produção de biocombustíveis não são convenientemente apropriados nos modelos de equilíbrio, e muitos deles são destinados ao setor alimentício. Em alguns casos, o glicerol derivado da produção de biodiesel não foi computado, assim como o bagaço da extração de óleo de palma;

**i. Tecnologia.** As inovações tecnológicas ocorrem em uma escala de tempo que não condiz com a amplitude de resultado dos modelos de ILUC. Por exemplo, em um período de 30 anos, desde a matéria prima, os sistemas de produção, a logística e a infraestrutura, até os métodos de produção de biocombustíveis, os próprios biocombustíveis, os sistemas de distribuição e os motores podem sofrer mudanças de eficiência de tal ordem, que invalidam os resultados dos modelos, que focam na primeira geração de biocombustíveis.

### 3.2 Propostas de melhorias nos modelos

Em função dos questionamentos levantados, foram formuladas sugestões para melhoria dos modelos e de sua utilização, com o objetivo de reduzir a incerteza e aumentar a credibilidade dos resultados. Entre outros, os seguintes aspectos podem auxiliar na melhoria da modelagem dos efeitos de LUC e ILUC:

- a. Melhorar as relações entre preço, inovação e política pública em relação à produtividade dos cultivos energéticos;
- b. Melhorar as atuais bases de dados e refinar a lógica de abordagem dos modelos;
- c. Incluir novas matérias primas, novas gerações de biocombustíveis e novas rotas industriais;
- d. Incluir vieses de incerteza nos estudos com LUC e ILUC;
- e. Harmonizar os modelos e estudos já disponíveis, posta a sua disparidade;
- f. Aprofundar os estudos específicos para estabelecer as efetivas condições em que ocorre indução de LUC e ILUC, através do estudo de casos;
- g. Tornar mais amplo o estudo dos impactos de LUC e ILUC, indo além de emissões, biodiversidade, recursos hídricos, segurança alimentar e posse da terra;
- h. Capturar de forma mais eficiente os efeitos das políticas públicas.

## 4. Contexto e lógica

O impacto no uso da terra para produção de biocombustíveis relaciona-se com a liberação não intencional de emissões de carbono, devidas às mudanças de uso da terra ao redor do mundo, as quais seriam induzidas pela expansão das áreas de cultivo para a produção de etanol ou biodiesel, em resposta ao aumento da demanda global de biocombustíveis. Como os agricultores, em todo o mundo, respondem aos preços agrícolas mais elevados, a fim de manter o equilíbrio entre a oferta e demanda global de alimentos, as terras ainda não utilizadas substituiriam as culturas alimentares, deslocadas para novas áreas, a fim de permitir a produção de matéria prima para biocombustíveis.

A tese subjacente a esta afirmativa é de que áreas não utilizadas anteriormente, como florestas e pastagens, armazenam carbono tanto na parte aérea (caules e ramos) quanto no solo, seja na forma de raízes ou de matéria orgânica proveniente da degradação da biomassa das plantas. A mudança de uso para outros cultivos, especialmente anuais, provocaria um aumento líquido das emissões de gases de efeito estufa.

Devido a essa mudança no estoque de carbono do solo, e da própria biomassa de cobertura, a mudança indireta do uso da terra teria consequências no balanço de GEE de um biocombustível.

Alguns autores vão muito além da liberação de carbono para a atmosfera, e argumentam que as mudanças indiretas do uso da terra produzem outros impactos sociais e ambientais significativos, afetando a biodiversidade, a água, os preços dos alimentos, a posse da terra, a migração dos trabalhadores e a estabilidade cultural da comunidade.

As estimativas de intensidade de carbono de um determinado biocombustível dependem dos pressupostos efetuados sobre diversas variáveis. A partir de 2008, vários estudos de ciclo de vida completo estabeleceram que o etanol de milho, o etanol celulósico e etanol de cana brasileiro produzem emissões de gases de efeito estufa menores do que a gasolina. Entretanto, a maioria dos estudos não considerou os efeitos indiretos, decorrentes das mudanças de uso da terra, pois, embora reconhecidas qualitativamente, a estimativa foi considerada muito complexa e difícil de modelar.

## 5. A formulação teórica e a indução de normas

Em um artigo tão curto quanto controverso, Searchinger et al. (2008a) concluíram que o uso do etanol de milho, ao invés de reduzir em cerca de 20% as emissões - como geralmente aceito - dobraria as emissões no período inicial de 30 anos na mesma área, prosseguindo com emissões positivas por 167 anos. Caso a produção de etanol ocorresse com *switchgrass* (*Panicum virgatum*) substituindo as áreas de milho, as emissões aumentariam em 50%. Para o etanol de cana, a equipe concluiu que, após quatro anos, as emissões passavam a ser menores que aquelas da gasolina.

O artigo da equipe do Dr. Searchinger sobre a estimativa de emissões de carbono da ILUC deflagrou uma discussão polarizante e, juntamente com o debate alimentos versus biocombustível, tornou-se uma das

questões mais controversas relacionadas aos biocombustíveis, debatidas na mídia popular, revistas científicas e cartas públicas da comunidade científica, gerando reações da indústria do etanol, tanto americana quanto brasileira, levando a posicionamentos antípodas e arraigados, por vezes ocasionando o radicalismo das visões.

Enquanto mera discussão, o assunto poderia esgotar-se em si mesmo, pela falta de conciliação. Entretanto, esta controvérsia se intensificou em abril de 2009 quando o California Air Resources Board (CARB) exarou um conjunto de regras que incluem impactos da ILUC para estabelecer a norma California Low Carbon Fuel Standard, que entrou em vigor em 2011.

Concomitantemente, em maio de 2009, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos EUA divulgou um aviso de proposta de regulamentação para modificação da norma Renewable Fuel Standards Act (RFS) de 2007, incluindo a ILUC, causando polêmica adicional entre os produtores de etanol. O regulamento final, emitido em 3 de fevereiro de 2010, incorporou a ILUC com base em modelagem que foi melhorada significativamente ao longo do tempo, quando contrastada com as combatidas estimativas iniciais.

O programa do Reino Unido denominado UK Renewable Transport Fuel Obligation requer que a Agência de Combustíveis Renováveis (RFA) denuncie potenciais impactos indiretos da produção de biocombustíveis, incluindo mudança indireta no uso da terra ou alterações na produção de alimentos e de outras commodities. Um estudo da RFA de julho de 2008, conhecido como Gallagher Review (Gallagher, 2008), referiu vários riscos e incertezas, e que a *"quantificação das emissões de GEE resultantes da mudança indireta no uso da terra exige pressupostos subjetivos e contém uma grande incerteza"*, e exigiu uma análise mais aprofundada para incorporar adequadamente os efeitos indiretos em metodologias de cálculo de emissões.

Em dezembro de 2008, o Parlamento Europeu adotou critérios de sustentabilidade mais rigorosos para os biocombustíveis, impondo à Comissão Europeia o desenvolvimento de uma metodologia que considere as emissões de GEE decorrentes da mudança indireta do uso da terra.



## 6. Eficiência energética e emissões: estudos e controvérsia

Estudos de ciclo de vida completo (*Well-to-wheel analysis* - WTW) anteriores a 2008 estabeleceram que o etanol de milho reduz consistentemente as emissões de gases de efeito estufa do setor de transportes. Em 2007, uma equipe da Universidade da Califórnia em Berkeley (Farrel et al., 2006), avaliou seis estudos anteriores, concluindo que o etanol de milho reduz as emissões de GEE em apenas 13 %. Esse estudo significa um decréscimo de 20-30 % para o etanol de milho, e 85 % para o etanol celulósico, que foram os valores estimados por Wang et al. (2005), do Argonne National Laboratory, o qual revisou 22 estudos realizados entre 1979 e 2005, efetuando simulações com o modelo GREET.

As estimativas de intensidade de carbono dependem da produtividade das culturas, das práticas agrícolas, das fontes de energia para produzir o etanol, e da eficiência energética da destilaria. Vários estudos sobre o etanol de cana brasileiro mostram que a cana, como matéria-prima, reduz as emissões de GEE entre 86 e 90 %, sem considerar mudanças significativas do uso da terra. Exemplos de intensidade de carbono de etanol, de diferentes procedências e produzidos a partir de diversas matérias primas, são apresentadas na Figura 2.

Fargione et al. (2008) alegaram que a incorporação de áreas com cobertura natural para a produção de matéria-prima para biocombustíveis, cria um déficit do carbono estocado no solo, ocasionado pela sua liberação na forma de emissões. Esse déficit se aplica tanto a mudanças diretas quanto indiretas do uso da terra. Esse estudo analisou seis cenários de conversão: Amazônia brasileira para o biodiesel de soja; cerrado brasileiro para o biodiesel de soja; cerrado brasileiro para o etanol de cana; várzea tropical na Indonésia ou Malásia com biodiesel de palma; florestas turfosas tropicais da Indonésia ou Malásia com biodiesel de palma; e pastagem na região central dos EUA para etanol de milho.

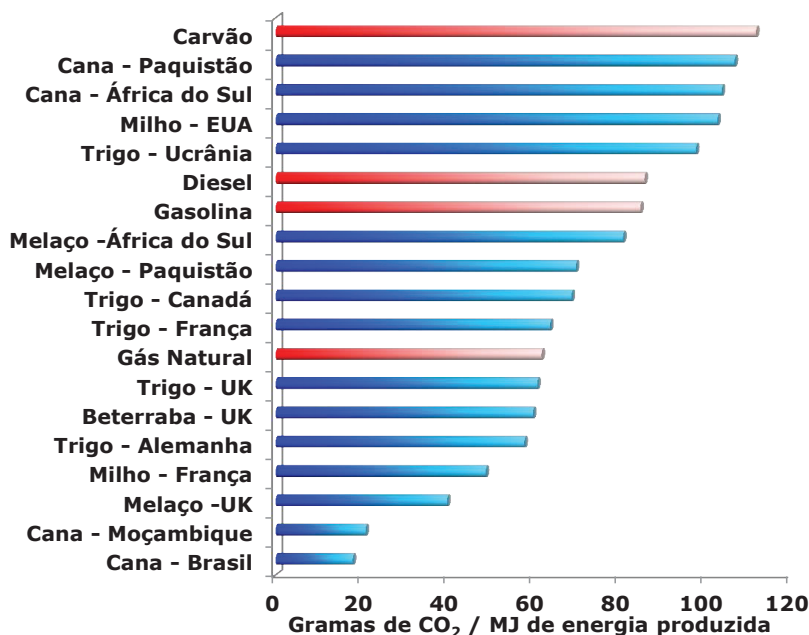


Figura 2. Intensidade de carbono do bioetanol e de combustíveis fósseis.<sup>1</sup>

Fonte: Adaptado de REGIONAL EMISSIONS..., 2013.

O déficit de carbono foi definido como sendo a quantidade de CO<sub>2</sub> originalmente estocado que seria liberado durante os primeiros 50 anos após a conversão das terras. Para as duas matérias-primas mais comuns para produção de etanol, o estudo concluiu que o etanol de cana, produzido em terras naturais do cerrado, levaria 17 anos para zerar o déficit de carbono gerado pela conversão. Para contrariedade do setor de etanol norte americano, o estudo mostrou que o etanol de milho, produzido nos EUA, necessitaria em torno de 93 anos para zerar o déficit. O pior cenário é a conversão da floresta tropical da Indonésia ou Malásia para a produção de biodiesel de palma, o que exigiria cerca de 420 anos para extinguir o déficit.

<sup>1</sup> Os resultados assumem que o bioetanol é consumido no país de origem, e a lavoura tem sido sempre usada para cultivar matéria-prima, portanto sem efeitos de ILUC.

## 7. Crítica e polêmica

Os estudos de Searchinger et al. (2008a) e Fargione et al. (2008a) criaram acirrada polêmica nos meios de comunicação (Farrell, 2008; THE TROUBLE..., 2008; Grunwald, 2008; Jobe, 2008; Zeller, 2008; RFA, 2008; BIOFUELS..., 2008; IF..., 2008), em revistas científicas, e até merecendo uma referência em um livro do Dr. Robert Zubrin (Zubrin, 2012), o qual observou que a abordagem denominada *“análise indireta”* de Searchinger é pseudocientífica e pode ser usada para *“provar nada”*. Estava deflagrada uma batalha por visões opostas sobre um mesmo processo, que extrapolava os meios acadêmicos, os fóruns técnicos e espalhava-se pela imprensa em geral. Obviamente que, com tantos sinais no ar, os formuladores de política pública tiveram sua atenção alertada, o que acirrou ainda mais o debate, quando o que era apenas um conceito passou a ter um valor econômico.

M. Wang & Z. Haq (LETTER..., 2008), do Argonne National Laboratory afirmaram em carta à revista Science que os pressupostos de Searchinger e Fargione eram ultrapassados, que os mesmos *“ignoraram o potencial de aumento da eficiência, não havendo evidência de que a produção de etanol de milho dos EUA já houvesse causado, até o momento, efeitos indiretos do uso da terra em outros países.”* Eles concluíram que Searchinger apenas demonstrou que a ILUC *“é muito mais difícil de ser comprovada cientificamente do que o modelo de mudanças diretas no uso da terra”*. Em sua resposta Searchinger refutou cada objeção técnica e afirmou que *“... qualquer cálculo que ignore essas emissões, apesar do desafio de prevê-los com certeza, é muito incompleto e não deveria servir como base para decisões políticas”* (Searchinger, 2008b; RESPONSE..., 2008).

Outra crítica, aposta por Kline & Dale (2008), do Oak Ridge National Laboratory, considerou que as publicações de Searchinger et al (2008a) e Fargione et al. (2008a) *“... não fornecem suporte adequado para sua alegação de que biocombustíveis causam altas emissões, devido à mudança no uso da terra, posto que as suas conclusões estão baseadas em uma premissa incorreta, porque pesquisas de campo, mais abran-*

*gentes que os modelos teóricos, estabeleceram que essas mudanças no uso da terra são movidas por interações entre as forças culturais, tecnológicas, biofísicas, ambientais, econômicas e demográficas, dentro de um contexto mutante dos pontos de vista espacial e temporal, sendo o menos importante a cultura a ser implantada".* A esta crítica, Fargione et al (2008b) responderam apenas parcialmente, observando que, embora muitos fatores contribuam para o desmatamento, *"esta observação não diminui o fato de que os biocombustíveis também contribuem para o desmatamento se forem produzidos em terras agrícolas já existentes, ou em terras recém-desmatadas."* De sua parte, Searchinger (2008c) discordou de todos argumentos de Kline e Dale (2008), porém sem acrescentar fatos ou proposições novas.

Devido à perspectiva de abalos econômicos no seio do setor, a indústria de biocombustíveis dos EUA também reagiu, afirmando que o *"estudo de Searchinger é, claramente a análise do pior cenário possível"* e que *"este estudo se baseia em uma longa série de suposições altamente subjetivas"* (STATEMENT..., 2008). Searchinger (2008d) refutou as críticas da NFA, afirmando que eram inválidas. Ele observou que, mesmo se alguns de seus pressupostos se alicerçam em estimativas elevadas, seu estudo também fez muitas suposições conservadoras.

Em fevereiro de 2010, Lapola et al. (2010) publicaram um artigo em que afirmam que a expansão planejada de plantações de cana e soja no Brasil para produzir biocombustíveis, até 2020, substituiria pastagens, com pequeno impacto direto do uso da terra sobre as emissões de carbono. No entanto, a expansão da fronteira das pastagens na área de florestas da Amazônia, deslocadas pelo plantio de cana, provocaria efeitos indiretos nas emissões. De acordo com esses autores, *"O etanol de cana e biodiesel de soja contribuem com cerca de metade do desmatamento indireto projetado de 121.970 km<sup>2</sup> em 2020, criando um déficit de carbono que levaria cerca de 250 anos para ser compensado"*.

Os mesmos autores (Lapola et al., 2010) afirmam que o óleo de palma poderia causar um mínimo de mudanças de uso da terra e do débito de carbono a ele associado. O modelo por eles utilizado identificou

que o aumento da taxa de lotação de gado de apenas 0,13 cabeça por hectare (aproximadamente 10%) em todo o país (Brasil), evitaria as mudanças indiretas no uso da terra causados pelos biocombustíveis, sem afetar também a oferta de alimentos. De sua parte, Buttler (2008) afirma que a intensificação da pecuária e o incentivo ao óleo de palma são necessários para atingir poupanças efetivas nas emissões de carbono no Brasil.

Coincidentemente, o exposto no parágrafo anterior é a postura do Governo brasileiro e faz parte do Plano Brasil 2022, elaborado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, de cuja elaboração o autor da presente publicação participou (PLANO..., 2010). A estratégia foi aprovada antes da veiculação dos resultados de Lapola et al. (2010) e foi baseada na necessidade de uma postura firme e agressiva do Governo Brasileiro em relação ao tema, tendo respaldado os pilares estratégicos da proposta do Brasil, na Reunião de Copenhague sobre Mudanças Climáticas, realizada em dezembro de 2009 (*UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*, 2009). Os desdobramentos deste Plano incluem os Programas do MAPA como Plano ABC, Recuperação de áreas degradadas e incentivo ao cultivo de palma de óleo.

Em consonância com a estratégia traçada pela SAE, o MAPA lançou três programas: o primeiro incentiva o plantio de dendê (palma de óleo); o segundo financia a recuperação de pastagens degradadas; e o terceiro incentiva o uso de tecnologias de baixas emissões (Plano ABC) (PROGRAMA..., 2010a; PROGRAMA..., 2010b; O PLANO... 2010;). Posteriormente, em resposta a Lapola, Brasher (2010) repercutiu nos EUA as considerações da principal organização da indústria brasileira de etanol (UNICA), comentando que a intensificação contínua da produção de gado no Brasil já se encontrava em curso no país.

Um estudo realizado por Arima et al. (2011) utilizou um modelo de regressão espacial para fornecer a primeira avaliação estatística de ILUC para a Amazônia brasileira, com foco na cultura de soja. Anteriormente, os impactos indiretos da cultura de soja eram analisados por meio de

modelos de demanda em escala global, enquanto o estudo teve uma abordagem regional. A análise mostrou ligação entre a expansão das plantações de soja em áreas agrícolas no sul e no leste da bacia amazônica, com o avanço de pastagens na fronteira da floresta. Segundo os autores, os resultados demonstram a necessidade de incluir a ILUC para medir a pegada de carbono da cultura da soja, tanto para produzir biocombustíveis quanto para outros usos finais.

O estudo de Arima et al. (2011) foi baseado em 761 municípios localizados na Amazônia Legal e identificou que, entre 2003 e 2008, as áreas de soja na região cresceram 39,1 mil km<sup>2</sup>, principalmente no Mato Grosso. O modelo mostrou que o aproveitamento de 10% (3.910 km<sup>2</sup>) das áreas de pastagens antigas para plantio de soja, reduziria o desmatamento em até 40% (26.039 km<sup>2</sup>) em municípios densamente florestados da Amazônia brasileira. A análise demonstra que o deslocamento da produção de gado, devido à expansão agrícola, impulsionaria a mudança do uso da terra em municípios localizados a centenas de quilômetros de distância, e que a ILUC na Amazônia não é mensurável, mas o seu impacto seria significativo.

## 8. Implementação dos regulamentos

Os formuladores de políticas públicas, de forma pragmática, aproveitaram excertos da discussão para rever normas e regras. Apesar da polêmica estabelecida, e das restrições que ainda persistem, o conceito de ILUC passou a permear políticas públicas no Hemisfério Norte. Em 23 de abril de 2009, o California Air Resources Board (CARB) aprovou as regras específicas e os valores de referência de intensidade de carbono para o regulamento denominado Califórnia Low Carbon Fuel Standard (LCFS), que entrou em vigor em 1 de janeiro de 2011, e que passou a incluir a ILUC.

Para alguns biocombustíveis, o CARB identificou mudanças de uso da terra como uma fonte significativa de emissões de GEE adicionais. O Board estabeleceu um padrão para a gasolina e combustíveis alternativos, e para o diesel e de seus substitutos, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de intensidade de carbono para gasolina, diesel e combustíveis substitutos, em gramas de CO<sub>2</sub> equivalente liberados por MJ de energia produzida de forma direta e acumulada com o efeito LUC.

Combustível	Intensidade de carbono (1)	(1) + LUC
Bioetanol de milho do Meio Oeste	75,10	105,10
Gasolina da Califórnia	95,86	95,86
Diesel da Califórnia (ULSD)	94,71	94,73
Bioetanol da Califórnia	50,70	80,70
Bioetanol de cana do Brasil	27,40	73,40
Biodiesel de soja do Meio Oeste	26,93	68,93
Diesel renovável de soja do Meio Oeste	28,80	68,93
Etanol celulósico de florestas cultivadas	02,40	20,40
Biometano	11,26	11,26

Fonte: CALIFORNIA..., 2009.

O processo de consulta pública antes da decisão do CARB, e a própria decisão, foi controversa, sendo a ILUC o tema mais polêmico. Para ilustrar a afirmativa, cite-se que, em 24 de junho de 2008, 27 cientistas e pesquisadores que atuam profissionalmente com a temática, enviaram uma carta pública ao CARB, em que afirmavam: *“Como pesquisadores e cientistas atuando no campo da biomassa para a conversão em biocombustíveis, estamos convencidos de que simplesmente não há dados empíricos suficientemente consistentes para embasar qualquer regulamento ou política pública sólida no que diz respeito aos impactos indiretos da produção de biocombustíveis renováveis, no tocante às emissões de carbono. O assunto é relativamente novo, especialmente quando comparado com a vasta base de conhecimento presente na produção de combustíveis fósseis. As análises limitadas disponíveis até o momento são movidas por premissas que, por vezes, carecem de validação empírica e de boa Ciência”*.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> [http://www.bioenergywiki.net/images/7/7b/DOE\\_letter.pdf](http://www.bioenergywiki.net/images/7/7b/DOE_letter.pdf)

Percebendo que a nova regulamentação, transversalizada pelo conceito do ILUC, alteraria a dinâmica e a participação dos atores econômicos no mercado, a organização The New Fuels Alliance, que representa mais de duas dezenas de empresas de biocombustíveis, pesquisadores e investidores norteamericanos, questionou a intenção do CARB em incluir os efeitos indiretos da mudança do uso da terra: *“Embora seja provavelmente verdade que zero não é o número certo para os efeitos indiretos de qualquer produto no mundo real, aplicar os efeitos indiretos de uma forma fragmentada poderia ter consequências muito graves para o regulamento LCFS. O argumento de que zero não é o número certo não justifica impor outro número errado, ou penalizar um combustível por seus efeitos indiretos, dando a outro combustível passe livre no mercado”* (GROUP..., 2008b).

Por outro lado, mais de 170 cientistas e economistas firmaram um manifesto oposto, pedindo que o CARB *“...inclua a mudança indireta do uso da terra nas análises do ciclo de vida das emissões de gases de efeito estufa dos biocombustíveis e de outros combustíveis de transporte. Esta abordagem vai incentivar o desenvolvimento de combustíveis sustentáveis, de baixo carbono, evitar conflitos com os alimentos e minimizar os impactos ambientais nocivos. Existem incertezas inerentes à estimativa da magnitude das emissões de uso indireto da terra para produção de biocombustíveis, mas a atribuição de um valor de zero claramente não é suportada pela Ciência”*<sup>3</sup>.

Na sua luta para evitar perda de espaço no mercado, os representantes da indústria reclamaram que a regra final exagerou os efeitos ambientais do etanol de milho, e também criticou a inclusão da ILUC como uma penalidade injusta ao etanol doméstico de milho, pela vinculação do desmatamento nos países em desenvolvimento com a produção de etanol nos EUA (Baker, 2009; NATIONAL BRIEFING | WEST, 2009; Kahn, 2009; CARB..., 2009; CALIFORNIA..., 2009b). O limite de 2011 para a LCFS significa que o etanol de milho do Centro-Oeste dos EUA encontrará sérios problemas para ingressar no mercado da Califórnia, a não ser que a intensidade de carbono atualmente fixada seja reduzida,

<sup>3</sup> [http://www.ucsusa.org/assets/documents/clean\\_vehicles/call\\_to\\_action\\_biofuels\\_and\\_land\\_use\\_change.pdf](http://www.ucsusa.org/assets/documents/clean_vehicles/call_to_action_biofuels_and_land_use_change.pdf)



de acordo com a opinião de muitos articulistas e expertos no assunto (Buchanan, 2009; CNN, 2009; LOW..., 2009).

Na forma final da normativa, o etanol de cana produzido no Brasil foi beneficiado, na comparação com outros biocombustíveis com maiores emissões. A UNICA elogiou a decisão (SUGARCANE..., 2009), porém, assim mesmo, solicitou que a CARB aprofundasse os estudos sobre as práticas agrícolas e industriais brasileiras, o que, certamente, reduziria ainda mais as estimativas de emissões vinculadas ao bioetanol de cana-de-açúcar do Brasil<sup>4</sup> (RECONHECIMENTO..., 2009).

Em dezembro de 2009, a Renewable Fuels Association (RFA) e a Growth Energy, dois grupos de lobby do etanol dos Estados Unidos, entraram com uma ação questionando a constitucionalidade do LCFS. As duas organizações argumentaram que o regulamento violou tanto a cláusula de Supremacia quanto a Cláusula de Comércio, comprometendo o mercado de etanol em todo o país (ETHANOL..., 2009a; ETHANOL..., 2009b; ETHANOL..., 2009c; EXECUTIVE..., 2009).

## 9. Padrões de Combustíveis Renováveis da EPA

A regulamentação de biocombustíveis na Califórnia ocorreu concomitantemente com discussão similar, no plano nacional. O *Energy Independence and Security Act* (EISA) dos EUA, exarado em 2007, estabeleceu novas categorias de combustíveis renováveis, seus requisitos de elegibilidade, e a fixação de limites obrigatórios de emissões no ciclo de vida (EPA, 2010). O EISA explicitamente estabelece um mandato ao EPA para incluir as emissões diretas e indiretas relevantes, tais como emissões significativas de mudanças no uso da terra (EPA..., 2009b).

O EISA impõe uma redução de 20% nas emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de qualquer combustível produzido em instalações cuja construção iniciou depois de 19 de dezembro de 2007, para que possa ser classificado como “combustível renovável”; uma redução

---

<sup>4</sup> [http://www.arb.ca.gov/lists/lcfs09/129-unica\\_comments\\_to\\_carb\\_on\\_sugarcane\\_ethanol.pdf](http://www.arb.ca.gov/lists/lcfs09/129-unica_comments_to_carb_on_sugarcane_ethanol.pdf)

de 50% para os combustíveis a serem classificados como “diesel de biomassa” ou “biocombustível avançado”; e uma redução de 60% para ser classificado como “biocombustível celulósico”.

O EISA fornece pouca flexibilidade para ajustar esses limites para baixo (limitado em 10%), e a EPA propôs o mesmo ajuste para a categoria de biocombustíveis avançados. As plantas atuais, já existentes, foram salvaguardadas no âmbito do regulamento.

Com vistas à atualização das normas, em 5 de maio de 2009, a EPA divulgou um aviso de proposta de regulamentação para a implementação da modificação da legislação de 2007, que ficou conhecido como RFS2 (EPA, 2013a). O projeto de regulamento permaneceu em consulta pública por 60 dias, tendo uma audiência pública sido efetuada no dia 9 de junho de 2009, e um workshop foi realizado em 10-11 de Junho de 2009, para discutir a proposta.

O projeto inicial da EPA afirmava que a ILUC poderia produzir emissões significativas de GEE no curto prazo, devido à conversão de terras, mas que os biocombustíveis poderiam compensá-las nos anos seguintes. O EPA destacou dois cenários, variando o horizonte de tempo e a taxa de desconto para avaliar as emissões. O primeiro assume um período de tempo de 30 anos, e usa uma taxa de desconto de 0%. O segundo cenário utiliza um período de tempo de 100 anos e uma taxa de desconto de 2% (Tabela 4).

Talvez não por mera coincidência, mas por uma agenda orquestrada de Governo, no mesmo dia em que a EPA publicou o seu aviso de proposta de regulamentação, o presidente Barack Obama assinou uma diretiva presidencial propondo avanços na pesquisa e no uso de biocombustíveis. A diretiva estabeleceu o Grupo de Trabalho Interagências de Biocombustíveis, para desenvolver ideias de políticas públicas para aumentar o investimento em combustíveis de novas gerações e para reduzir a sua pegada ambiental (NEW..., 2009; PRESIDENT..., 2009; ENDOGENOUS..., 2009; Geman, B. 2009).

Tabela 4. Resultados da redução das emissões no ciclo de vida para diferentes horizontes temporais e taxas de desconto, incluindo a ILUC, produzido pela EPA.

Biocombustível e Rota	100 anos + 2% td <sup>3</sup>	30 anos + 0% td
Etanol de milho (dry mill a gás natural) <sup>(1)</sup>	-16%	+ 5%
Etanol de milho (Best case NG DM) <sup>(2)</sup>	-39%	-18%
Etanol de milho (dry mill a carvão)	+ 13%	+ 34%
Etanol de milho (dry mill a biomassa)	-39%	-18%
Etanol de milho (dry mill a biomassa + CHP)	-47%	-26%
Biodiesel de soja	-22%	+ 4%
Biodiesel de óleos usados	-80%	-80%
Etanol de cana	-44%	-26%
Etanol celulósico de switchgrass	-128%	-124%
Etanol celulósico de palha de milho	-115%	-116%

Notas: <sup>(1)</sup> Plantas de Dry Mill (DM) moem todo o grão e, normalmente, tem como coproduto o DGS (Distillers grains with solubles);

<sup>(2)</sup> As melhores plantas tem como coproduto o WDG (wet distillers grain);

<sup>(3)</sup> td = Taxa de desconto

A inclusão da ILUC na proposta do EPA provocou reclamações dos produtores de etanol (NEW..., 2009; Goldenberg, 2009; EPA PROPOSES..., 2009; Kho, 2009) e de biodiesel (Galbraith, 2009). De sua parte, várias organizações ambientalistas saudaram a inclusão da ILUC, mas criticaram o longo horizonte de 100 anos para a compensação, argumentando que os efeitos de conversão da terra foram subestimados (Berning, 2009; EPA 'S..., 2009; Carroll, 2009)

A nova proposta arregimentou descontentamentos. Os produtores americanos de milho, de etanol de milho e de biodiesel, além dos produtores de etanol de cana brasileiro, reclamaram da metodologia da EPA (BIOFUEL..., 2009; BIO..., 2009; PUBLIC..., 2009), enquanto a indústria do petróleo solicitou um prazo para poder colocar em prática as novas imposições (OGJ, 2009).

Conforme se delineava a perspectiva de redução do espaço de mercado, outras ações ocorreram. Reagindo à regulamentação, e atendendo

pressões do lobby dos produtores de milho e de etanol norte-americanos, em 26 de junho de 2009 a Câmara dos Deputados aprovou a Lei American Clean Energy and Security Act, que obrigaria a EPA a excluir a ILUC do RFS2, por um período de cinco anos. Durante este período, mais pesquisas deveriam ser realizadas para desenvolver modelos mais confiáveis e metodologias científicas para estimar a ILUC com precisão. O Congresso deveria, ainda, analisar a questão antes de permitir que a EPA se pronunciasse sobre este assunto (CENTER..., 2009; CLIMATE..., 2009; Hartwig, M.; Bravender et al., 2009; COMPROMISE..., 2009c). Entretanto, esta proposta legislativa não prosperou, tendo em conta que o projeto foi rejeitado no Senado dos EUA (A SQUEAKER..., 2009; Brother, 2009).

Aparadas essas restrições legais, em 3 de fevereiro de 2010 a EPA emitiu a sua regra final RFS2, com validade imediata (RENEWABLE..., 2013). A regra incorpora as emissões indiretas e diretas significativas, incluindo a ILUC, levando em consideração os novos estudos (EPA, 2010). Usando um horizonte temporal de 30 anos e uma taxa de desconto de 0% (EPA, 2010b), a EPA concluiu que vários biocombustíveis podem cumprir esta norma, de acordo com Kanter, 2010a.

Baseada na nova regulamentação, a análise da EPA classificou o etanol e o biobutanol produzidos de amido de milho como combustíveis renováveis. O etanol produzido a partir da cana foi enquadrado como combustível avançado, uma categoria com maiores privilégios no âmbito da lei. Tanto o biodiesel produzido com óleos de algas, quanto com óleo de soja, óleos usados, gorduras ou graxas foram enquadrados na categoria “diesel de biomassa”. O etanol celulósico e o biodiesel celulósico integram o padrão “biocombustível celulósico”.

A tabela 5 resume as emissões de GEE médios estimados pela modelagem da EPA, e a amplitude de variação, derivada da principal fonte de incerteza na análise do ciclo de vida, que são as emissões de GEE relacionadas à mudança do uso do solo internacional (EPA, 2010b).

**Tabela 5.** Redução das emissões de GEE no ciclo de vida, com base na RFS2, incluindo efeitos diretos e indiretos de uso da terra, com 30 anos para compensação, sem taxa de desconto.

Rota do biocombustível (para consumo nos EUA)	Média de reduções de GEE <sup>(1)</sup>	95% IC para as reduções <sup>(2)</sup>	Pressupostos e comentários
Etanol de milho	21%	7–32%	Considera plantas novas ou reformadas, usando gás natural para energia industrial, 37% WGS e 63% DGS, e usando o fracionamento de óleo de milho.
Biobutanol de milho	31%	20–40%	Considera plantas usando gás natural para energia industrial, 37% WGS e 63% DGS, e usando o fracionamento de óleo de milho.
Etanol de cana <sup>(3)</sup>	61%	52–71%	O etanol é produzido e desidratado no Brasil antes de ser exportado para os EUA. Inclui as emissões dos navios de transporte.
Etanol de celulose de switchgrass	110%	102–117%	Etanol produzido por processo bioquímico.
Etanol de celulose de palha de milho	129%	Sem ILUC	Etanol produzido por processo bioquímico. Etanol produzido com resíduos agrícolas não possui emissões ligadas ao uso da terra, incluindo as internacionais.
Biodiesel de soja	57%	22–85%	Plantas usando gás natural.
Biodiesel de óleos usados	86%	Sem ILUC	Sem ILUC

**Notas:**

- <sup>(1)</sup> Porcentagem de redução de emissões de GEE no ciclo de vida, comparado com a média de emissões de gasolina ou diesel, de 2005.
- <sup>(2)</sup> Intervalo de confiança baseado na incerteza das pressuposições dos tipos de mudança de uso do solo e na magnitude das emissões resultantes.
- <sup>(3)</sup> Um novo módulo foi desenvolvido para modelar o impacto do etanol de cana brasileiro para uso nos EUA, e de seu impacto no mercado mundial. Esse módulo leva em conta a competição doméstica com outras culturas e com pastagens, e considera o aumento da lotação de gado nas pastagens.

# 10. Reações

A UNICA saudou a decisão da EPA, particularmente por atender sua reivindicação para que fosse elaborada uma estimativa mais precisa das emissões do ciclo de vida, na expectativa de que a classificação do bioetanol de cana-de-açúcar como biocombustível avançado possa ajudar a eliminar a tarifa de importação imposta pelos EUA (ÚNICA..., 2009; EPA..., 2010).

A Renewable Fuels Association (RFA) dos EUA também se posicionou, argumentado que os produtores de etanol *“exigem uma política federal estável que lhes forneça as garantias de mercado que precisam para*

*introduzir novas tecnologias e comercializar novos produtos”, reafirmando a sua oposição à ILUC (RFS..., 2010).*

A RFA também se queixou de que o etanol à base de milho foi contemplado com uma redução nas emissões de apenas 21%, observando que sem a ILUC, o etanol de milho atinge uma redução de GEE de 52% (Winter, 2010). A RFA também objetou que o etanol de cana brasileiro se beneficiou desproporcionalmente, porque as revisões da EPA reduziram as estimativas iniciais da ILUC pela metade para o milho e em 93% para a cana (RFS-2..., 2010).

Reações foram observadas dentro do Governo dos EUA. Vários parlamentares do Meio Oeste afirmaram que continuariam a opor-se ao que consideram *“ciência arriscada da EPA a respeito da mudança indireta de uso da terra, que pune combustíveis domésticos”*. O presidente da Comissão de Agricultura do Congresso, Collin Peterson reverberou: *“... pensar que podemos medir a credibilidade do impacto do uso indireto da terra do ponto de vista internacional é completamente irrealista, e vou continuar a pressionar por legislação que não sobrecarregue a indústria de biocombustíveis” (Buis, 2009).*

A Administradora da EPA, Lisa P. Jackson, comentou que a agência *“não recuou em considerar o uso da terra nas suas regras finais, mas levou em conta as novas informações que conduziram a um cálculo mais favorável para o etanol”* (Winter, 2010). De acordo com esse autor, ela citou que a revisão contemplou novos estudos e melhores dados sobre a produção e a produtividade das culturas, mais informações sobre coprodutos que podem ser produzidos a partir de biocombustíveis avançados, além de dados de uso da terra expandidos para 160 países, em vez dos 40 considerados na regra proposta inicialmente.

## 10.1 - Reino Unido

A partir de 2010, agentes governamentais da União Europeia e do Reino Unido reconheceram a necessidade de considerar a ILUC, porém não haviam determinado a metodologia mais adequada.

O programa do Reino Unido denominado Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) exige que os fornecedores de combustível informem os impactos diretos da produção de biocombustíveis, e impõe que a Renewable Fuels Agency (RFA) informe os potenciais impactos indiretos, incluindo a ILUC e as mudanças nas cotações das commodities (UNITED KINGDOM., 2008; Jha, 2009; GREEN..., 2009). Alguns grupos ambientais argumentam que as emissões causadas pela ILUC não estavam sendo devidamente contabilizadas, podendo significar mais emissões.<sup>21</sup>

O documento “Gallagher Review”, editado pela RFA (julho 2008), mencionou vários riscos em relação à produção de matéria-prima para biocombustíveis em conflito com o uso de terras agrícolas que poderiam ser utilizados para a produção de alimentos, apesar de concluir que “*a quantificação das emissões de GEE resultantes da mudança indireta no uso da terra exige pressupostos subjetivos e contém uma incerteza considerável*” (Gallagher, 2008).

## 10.2 - União Europeia

Em 17 de dezembro de 2008, o Parlamento Europeu aprovou a Renewable Energy Sources Directive (COM 2008/19), além de incluir emendas na Fuel Quality Directive (Diretiva 2009/30)<sup>5</sup> englobando critérios de sustentabilidade para os biocombustíveis e mandato para considerar a ILUC, e contemplando uma meta de 10% de biocombustível para o bloco. A mesma diretiva (Fuel Quality Directive) estabeleceu o Padrão para os combustíveis de baixo carbono da UE, exigindo uma redução de 6% na intensidade de GEE dos combustíveis para transportes utilizados na UE até 2020. A legislação<sup>6</sup> determinou que a Comissão Europeia desenvolvesse uma metodologia para estimar as emissões de GEE provenientes da ILUC até 31 de dezembro de 2010, com base na melhor evidência científica disponível (Winters, 2008).

O Parlamento Europeu definiu as áreas que não eram elegíveis para a produção de matérias-primas de biocombustíveis, ao abrigo das direti-

<sup>5</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0030:EN:NOT>

<sup>6</sup> <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+20081217+ITEMS+DOC+XML+VO//EN&language=EN#BKMD-27>

<http://www.arb.ca.gov/regact/2009/lcfs09/lcfsisor1.pdf>

vas definidas. Esta categoria inclui as zonas úmidas ou com cobertura florestal superior a 30%, ou mesmo com cobertura entre 10 e 30%, desde que comprovado que seu estoque de carbono seja suficientemente baixo para justificar a conversão.

A Comissão publicou os Termos de Referência para três exercícios de modelagem da ILUC: 1) utilizando um modelo de equilíbrio geral<sup>7</sup>; 2) utilizando um modelo de equilíbrio parcial<sup>8</sup>; e 3) uma comparação de outros exercícios de modelagem globais<sup>9</sup>. Também houve uma consulta sobre outras opções consistentemente fundamentadas para estimar a ILUC<sup>10</sup>, recebendo respostas e sugestões de 17 países<sup>11</sup> e 59 organizações.<sup>12</sup>

O Relator Especial da ONU sobre o Direito à Alimentação e várias organizações ambientalistas reclamaram que as salvaguardas de 2008 eram inadequadas (Kanter, 2009; EU..., 2008; Kaat, 2009; Birdlife, 2013). A UNICA insistiu na tese da necessidade de uma metodologia globalmente aceita para considerar a ILUC, com a participação de pesquisadores e cientistas dos países produtores de culturas destinadas à produção de biocombustíveis (ÚNICA..., 2009).

Em 2010, algumas ONGs acusaram a Comissão Europeia (CE) de falta de transparência, dada a sua relutância em liberar documentos relativos ao trabalho a respeito da ILUC (GREEN..., 2010). Em março de 2010 foram disponibilizados os resultados das modelagens de equilíbrio parcial e geral, com o aviso de que a CE não havia adotado as opiniões decorrentes dos exercícios<sup>13</sup>. Os modelos indicavam que um aumento de 1,25% no consumo de biocombustíveis na UE exigiria cerca de cinco milhões de hectares de terras no mundo, tendo o estudo sido elaborado por Francois et al. (2013).

Os cenários estudados consideraram entre 5,6 e 8,6% de participação dos biocombustíveis para transporte rodoviário na UE. O estudo des-

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG\\_TRADE\\_GEM.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG_TRADE_GEM.pdf)

<sup>8</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG\\_AGR\\_PEM.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG_AGR_PEM.pdf)

<sup>9</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG\\_JRC\\_model\\_comparison.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/DG_JRC_model_comparison.pdf)

<sup>10</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc\\_preparatory\\_consultation\\_doc.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc_preparatory_consultation_doc.pdf)

<sup>11</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc\\_consultation\\_comments\\_by\\_country.zip](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc_consultation_comments_by_country.zip)

<sup>12</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc\\_consultation\\_comments\\_by\\_organisation.zip](http://ec.europa.eu/environment/air/transport/pdf/iluc_consultation_comments_by_organisation.zip)

<sup>13</sup> [http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/land\\_use\\_change\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/land_use_change_en.htm)



cobriu que os efeitos da ILUC eliminam parte dos benefícios de menores emissões de biocombustíveis, e que acima do limite de 5,6%, as emissões da ILUC tendem a aumentar rapidamente (Al-Riffai, 2010; ANALYSIS..., 2010).

Para o cenário esperado de 5,6% em 2020, o estudo estima que o aumento da produção de biodiesel seria principalmente doméstico, enquanto a produção de bioetanol concentrar-se-iam no Brasil, independentemente das competências da UE (Al-Riffai, 2010). A análise concluiu que a eliminação das barreiras comerciais reduziria ainda mais as emissões, porque a UE iria importar mais bioetanol do Brasil (EUROPEAN COMMISSION, 2010).

Sob este cenário a redução de emissões diretas de biocombustíveis foi estimada em 18 Mt de CO<sub>2</sub>, as emissões adicionais da ILUC em 5,3 Mt de CO<sub>2</sub> (principalmente no Brasil), resultando em um saldo líquido global, positivo, de poupança de cerca de 13 Mt de CO<sub>2</sub>, não emitidos, em um horizonte de 20 anos (Al-Riffai, 2010).

## 11. Sistema de Certificação

Em 10 de junho de 2010, a Comissão Executiva da UE anunciou a sua decisão de criar sistemas de certificação para biocombustíveis, incluindo os importados, como parte da Diretiva de Energias Renováveis. A Comissão incentivou as nações membro da UE, indústrias e ONGs a criarem sistemas de certificação voluntária (COMMISSION..., 2010; EUROPEAN..., 2010b). Dados da CE para 2007 mostraram que 26% de biodiesel e 31% de bioetanol utilizado na UE foram importados, principalmente do Brasil e dos Estados Unidos (Kinver, 2010).

A UNICA elogiou os esforços da UE em consultar peritos independentes em suas avaliações, mas pediu melhoras adicionais, porque “... o relatório atualmente contém certo número de imprecisões que, quando corrigidas, evidenciam benefícios ainda maiores decorrentes do uso de etanol de cana brasileiro” (REPORT..., 2010). No mesmo comunicado, a UNICA destacou, como uma das imprecisões, o fato de que o relatô-

rio assumiu a expansão de terras de uma forma que *“não leva em consideração o zoneamento agro-ecológico da cana no Brasil, que impede a expansão de cana em qualquer tipo de vegetação nativa”*.

Os críticos ponderaram que o uso de combustíveis para transportes foi reduzido de 10% para 5,6%, exagerando a contribuição de veículos elétricos (EV) em 2020, pois o estudo assumiu que os EVs representariam 20% das vendas de carros novos, o dobro da estimativa da indústria automobilística (Harrison & Dunmore, 2010). Esses autores alegaram que o estudo *“exagera o uso de 45% de bioetanol - o mais verde de todos os biocombustíveis - e, conseqüentemente, minimiza os impactos mais intensos do biodiesel”*.

Grupos ambientalistas consideram que as medidas *“são demasiado tênues para deter um dramático aumento no desmatamento”* (BROKEN..., 2010; Kinver, 2010). De acordo com o Greenpeace, *“os impactos indiretos da mudança no uso da terra para a produção de biocombustíveis ainda não são tratados adequadamente”*, o que, para eles, era o problema mais perigoso dos biocombustíveis.

Os representantes da indústria saudaram o sistema de certificação, embora alguns tenham manifestado preocupações quanto à falta de critérios incontestáveis de uso da terra (Kinver, 2010; Kanter, 2010b; UNICA, 2010b). A UNICA e outros grupos da indústria reivindicaram que as lacunas nas regras fossem eliminadas, de modo a fornecer um enquadramento claro, com previsibilidade para o comportamento futuro do setor (UNICA, 2010a).

## 12. Conclusões do Capítulo I

As ideias dispersas sobre mudanças no uso da terra devidas aos biocombustíveis, foram consolidadas em um artigo (Searchinger, 2008a) - que, a princípio, poderia ser desprezioso - mas que vêm se estabelecendo como princípio central nas políticas públicas a respeito do uso de biocombustíveis, nos principais blocos e países do Hemisfério Norte. O tema ainda é cercado por polêmicas e discussões acirradas, manten-

do-se a principal crítica a respeito da enorme dificuldade de estimar a contribuição exclusiva de um único fator (biocombustíveis) sobre a mudança indireta do uso da terra, claramente um fenômeno multifacetado.

Enquanto a discussão continua polarizada, as políticas estão vigentes, nada indicando uma reversão no médio prazo e, em alguns casos, favoreceram o etanol de cana brasileiro, por ser a exploração agrícola mais sustentável para a produção de biocombustíveis. Neste particular se, em algum momento da gênese da teoria, a ideia era comprimir a competitividade do produto brasileiro, o tema sofreu uma reversão completa e hoje é mais criticada pelo setor de produção de etanol norte-americano e por empresários europeus do que pelo setor sucroenergético brasileiro.

Entrementes, assim como a ideia da ILUC surgiu repentinamente, é muito importante permanecer atento e com informações científicas sólidas sempre disponíveis, para evitar guinadas e mudanças repentinas no conceito, ou mesmo o surgimento de outra abordagem, que possa vir a prejudicar o comércio internacional do produto brasileiro. Duas medidas práticas para evitar surpresas são: manter programas ativos de pesquisa sobre o tema, de forma a sempre dispor de informações próprias sobre as relações entre a produção e uso de biocombustíveis no Brasil e os impactos de LUC/ILUC; e dispor de inteligência estratégica atenta à temática, para antecipar-se a eventuais medidas tomadas no exterior, sem fundamento científico, que possam reduzir os benefícios dos biocombustíveis para o meio ambiente.

## Cotejando o ILUC com as estatísticas de produção e uso da terra.

### 1. Introdução

Conforme depreende-se do exposto no Capítulo I, não há como avaliar o efeito ILUC *ex ante*, a não ser por modelos preditivos, os quais foram adotados por agências reguladoras como o CARB da Califórnia e a EPA do Governo Federal dos EUA, além da União Europeia, para formular políticas públicas que, no limite, impuseram restrições ao uso de biocombustíveis.

Entrementes, há uma forma indireta de testar a veracidade da ocorrência do efeito ILUC *ex post*, através de séries históricas de produção de alimentos, biocombustíveis e de incorporação de novas áreas agrícolas. Justamente por se tratar de séries históricas, esta comprovação demanda um hiato temporal, até a fixação das tendências e a comprovação ou rejeição da hipótese que sustenta a teoria.

Um artigo recente da equipe do Dr. Langeveld, da Biomass Research, Wageningen, the Netherlands (Langeveld, 2013), publicado na revista *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, seguramente atizará ainda mais a polêmica acerca do tema, ao cotejar os resultados dos modelos matemáticos com estatísticas oficiais do banco de dados da FAO acerca da evolução da produção agrícola e de biocombustíveis, da demanda de área agrícola adicional, da evolução da produtividade e da intensificação das atividades agrícolas.

### 2. Contexto

As estimativas sobre os impactos da produção de biocombustíveis sobre as mudanças no uso da terra utilizam modelos matemáticos, os quais possuem capacidade limitada para incorporar variáveis importantes como intensificação do cultivo, os ganhos de produtividade e o uso de mais de um cultivo por ano, na mesma área.

O estudo pioneiro da equipe do Prof. Langeveld (Langeveld, 2013) analisou a expansão de biocombustíveis na primeira década do século XXI no Brasil, EUA, Indonésia, Malásia, China, Moçambique, África do Sul, e nos 27 Estados-Membros da União Europeia, num total de 34 países que formam o conjunto dos maiores produtores de biocombustíveis, em escala mundial. Em 2010, esses países produziram 86 bilhões de litros (GL) de bioetanol e 15 GL de biodiesel. Os autores verificaram que o uso da terra para produção de biocombustíveis aumentou 25 milhões de hectares (Mha), dos quais 11 Mha estão associados com os coprodutos, ou seja, subprodutos de processos de produção de biocombustíveis e que são utilizados como ração animal – portanto precisam ser computados como alimentos produzidos.

Entretanto, na década analisada, o uso total de terras agrícolas nesses países diminuiu 9 Mha, de acordo com a FAO. Houve expansão de 22 Mha no Brasil, Indonésia, Malásia e Moçambique, porém cerca de 31 Mha deixaram de ser cultivados nos EUA, na UE e na África do Sul, devido a múltiplos fatores, especialmente à urbanização, à expansão da infraestrutura, ao reflorestamento e ao abandono da terra ou pousio. O aumento da intensidade de cultivo na mesma área foi responsável por 42 Mha equivalentes, de área colhida nesses países, sem incorporação de novas áreas.

Além da oferta de coprodutos da produção de biocombustíveis, utilizados para a alimentação animal, a intensificação da agricultura provocou um aumento de 19 Mha na área líquida colhida (NHA)<sup>14</sup>, nos países estudados. Assim, paradoxalmente, apesar da significativa expansão da produção de biocombustíveis, e da redução do uso de terra arável, a produção de alimentos manteve a sua taxa de expansão. Tanto as áreas de cultivo de matéria prima para biocombustíveis quanto a NHA aumentou na maioria dos países, incluindo os EUA e o Brasil, os maiores produtores de biocombustíveis.

---

<sup>14</sup> A área colhida líquida é um parâmetro (NHA – Net Harvested Area) utilizado para explicar o aumento da produção sem incremento proporcional de produtividade ou de novas áreas, ou seja, pelo uso da terra para mais de um cultivo, no mesmo ano agrícola. Nas condições brasileiras, os exemplos mais concretos são a dobradinha trigo-soja, utilizada há décadas no sul do país, ou o conceito mais recente de safra de verão e safrinha, ou a integração lavoura-pecuária-floresta.

Desta forma, é possível verificar que, de acordo com as estatísticas disponíveis no banco de dados da FAO, a expansão da produção de biocombustíveis entre 2000 e 2010 não está associada a uma redução da produção de alimentos, ou a um aumento do uso da terra. Os principais fenômenos que explicam o fato são os aumentos de produtividade e a intensificação do uso da terra. Esses aspectos têm sido, muitas vezes, negligenciados e deveriam ser considerados plenamente nos cálculos de mudança no uso da terra (ILUC).

A principal crítica aos modelos de previsão de ILUC é que os mesmos são baseados em impactos esperados em decorrência da introdução de metas de produção e uso de biocombustíveis (Banse et al., 2010; Al-Riffai et al., 2012; Elobeid et al., 2012), sendo estes fixos e estáveis, e baseados em experiências passadas, sem considerar aspectos dinâmicos e inovadores da produção agrícola. Como o aumento da produção de biocombustíveis tem gerado críticas e preocupações sobre a disponibilidade de alimentos, além do temor de que o aumento da demanda por terras agrícolas levaria ao desmatamento, conversão de pastagens e aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) provenientes dessas mudanças de uso da terra, e os modelos de simulação têm sido a principal ferramenta para a estimativa destes impactos, é fundamental que os mesmos captem a realidade de campo com a maior fidelidade possível.

Os modelos econômicos utilizados na avaliação da política de biocombustíveis incluem aqueles de equilíbrio parcial multimercado, como o FAPRI-CARD, o ESIM e o IMPACT, o modelo de impacto e de equilíbrio geral computável (CGE) além de modelos como o Global Trade Analysis Project (GTAP), o LEITAP e o MIRAGE. Os modelos foram originalmente desenvolvidos para avaliar políticas agrícolas ou climáticas, tendo sido posteriormente adaptados para incorporar a produção de biocombustíveis, de acordo com Pérez Domínguez & Müller (2008), CEBS (2009) e Khanna e Zilbermann (2012). O fato de serem adaptações circunstanciais trouxe consequências para a forma como os modelos foram implementados.

A comparação *ex post* das projeções dos modelos com a realidade das estatísticas agrícolas expõe deficiências que distorcem os resultados dos modelos. As primeiras aplicações, por exemplo, não consideraram os coprodutos (Banse et al., 2010; Golub & Hertel, 2012), enquanto a tecnologia de produção de biocombustíveis de segunda geração, pelo menos nas primeiras aplicações dos modelos, não foi incluída, conforme alertam Pérez Domínguez & Müller (2008).

Outras restrições apontadas nos modelos, a partir da comparação com as estatísticas, incluem a limitada capacidade de ajustar-se ao aumento do rendimento (Golub & Hertel, 2012) ou às mudanças nas culturas cultivadas em rotação (Beach et al., 2012). A maioria dos modelos não considera o sistema de cultivo de duas ou mais culturas na mesma área, dentro de um mesmo ano agrícola (Keeney & Hertel, 2008), como a safrinha de milho ou o dueto trigo-soja, no Brasil. Os mesmos autores apontam que pousios ou outra forma de não uso da terra só podem ser acomodadas nos modelos de forma limitada, o que é considerado por Golub & Hertel (2012) um desvio significativo nos resultados dos modelos.

As alterações dos programas que oferecem aos agricultores compensações por não cultivar a terra arável como, por exemplo, o Conservation Reserve Program - CRP nos EUA e o Set-Aside na UE, dificilmente são representados de forma adequada nos modelos. Além disso, os modelos não incorporam plenamente os impactos das políticas comerciais (por exemplo, as importações de biocombustíveis preferenciais (Keeney & Hertel, 2008), o uso do plantio direto (Rosegrant et al., 2008) ou as condições agroecológicas em áreas de produção agrícola.

Apesar de as consequências exatas dessas limitações permanecerem ainda obscuras, há um risco de que as mudanças relevantes nos padrões de produção agrícola, em parte provocadas pela adequação às políticas de estímulo ao uso de biocombustíveis, podem não ser adequadamente capturadas pelos modelos. Um estudo de cenários para a produção futura de diversas culturas, publicado pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) sugere que o aumento da intensidade de cultivo será uma importante fonte adicional de biomassa.

Nachtergaele et al. (2011), que liderou o estudo da FAO, projeta um aumento na intensidade de cultivo de 4% nos países em desenvolvimento, entre 2006 e 2050. Para os países desenvolvidos, no entanto, o aumento previsto é de 7%. O incremento médio global está projetado em 6%. Em nossa opinião esses valores são muito conservadores, o que pode ser inferido pelo aumento da intensidade da agricultura registrado na década de 2000-2010, que já atingiu 6% da área cultivada mundial.

Buscando enxergar mais além do que a ILUC, as questões centrais que precisam ser respondida com firmeza são: até que ponto as políticas de incentivo ao uso de biocombustíveis estão causando a derivação de uso de terras da produção de alimentos para a agricultura de energia? Qual seu impacto na oferta global de alimentos? A razoabilidade da resposta a essas perguntas passa pelo entendimento da forma como a biomassa será obtida, ou seja, qual a proporção do aumento de área, da produtividade e da intensificação da agricultura para atender a necessidade de biomassa.

Tentando responder as questões anteriores, Bruinsma (2009) estima que 80% do crescimento previsto na produção agrícola nos países em desenvolvimento até 2050 viria na forma de aumentos de rendimento (71%) e intensificação de cultivo (9%). A proporção mais elevada para esta forma de aumento da produção é esperada para regiões com escassez de terra, como o Sul da Ásia, o Oriente Médio e o Norte da África, onde o aumento no rendimento seria necessário para compensar o declínio esperado na área de terra arável. A expansão de terra arável continuará a ser um fator importante no crescimento da produção agrícola em muitos países da África subsaariana e da América Latina, embora com menor intensidade do que ocorreu no passado.

A expectativa de elevação permanente de preços de cultivos agrícolas em razão do aumento da produção de biocombustíveis necessita ser analisada com base em fatos e números. A História mostra que os agricultores respondem eficazmente às mudanças na demanda e que o mercado tende a se acomodar novamente, após o impacto da primeira ou segunda década.



Um bom exemplo da racionalidade empresarial do agricultor pode ser encontrado na redução da área de pastagem e de CRP, bem como na intensificação no cultivo na mesma área, que ocorreu nos EUA (Wallander et al., 2011). Os autores apontam que, em 2008, apenas 16% das fazendas de milho e soja dos EUA acrescentaram novas áreas, relativamente a 2006. Quando ocorreu expansão, a maior parte proveio de áreas antigas de pastagens, que estavam sem cultivo. Em 2008, cerca de 15 % das lavouras de milho e soja relataram uma área colhida superior à sua terra arável, o que implica um aumento na intensificação do cultivo (*double cropping*). As fazendas com intensificação de cultivo relataram maior expansão na área dedicada à matéria prima para biocombustíveis, sugerindo que a intensificação é uma estratégia rápida e eficaz para gerar biomassa adicional para produzir biocombustíveis, portanto gerando um *off set* para os efeitos preditos pelos modelos de ILUC, portanto invalidando suas previsões.

Se forem levadas em consideração as limitações acima expostas, as avaliações de impacto de políticas de biocombustíveis, utilizando modelos de simulação, devem ser repensadas. Estudos como o pioneiro de Langeveld et al. (2013) devem se repetir com frequência e, como tal, análises de casos reais estarão disponíveis para os formuladores de políticas públicas para contrastar com os resultados obtidos nos modelos.

As consequências das limitações sobre o resultado de um exercício de modelagem são difíceis de avaliar, mas elas podem ser consideráveis. Por exemplo, a introdução de coprodutos em uma avaliação do modelo GTAP, para as políticas de biocombustíveis dos EUA e da UE, demonstrou que a necessidade de conversão de terras foi reduzida em 27% (Khanna & Zilbermann, 2012). Conforme Croezen e Brouwer (2008), a inclusão de tecnologias de biocombustíveis de segunda geração nos modelos resultou em redução de 50% na necessidade de área para produção de biocombustíveis.

O primeiro estudo que procura associar a realidade factual com as projeções dos modelos (Langeveld et al., 2013), objetivou melhorar a precisão dos dados para a avaliação dos impactos da política de bio-

combustíveis, utilizando dados de diferentes fontes de produção de biomassa dos países grandes produtores de biocombustíveis. Foram analisados os aumentos na produção de matéria prima para biocombustíveis entre 2000 e 2010, e seus impactos sobre o uso da terra no Brasil, EUA, União Européia (UE-27), China, Indonésia, Malásia, África do Sul e Moçambique. Juntos, esses países representam a maior parcela da produção mundial de biocombustíveis.

A fim de determinar o impacto das políticas de biocombustíveis, os autores compararam os volumes de produção de cada ano com o início do período (2000), bem antes da maioria dos países estudados introduzirem políticas públicas de estímulo aos biocombustíveis. Os conceitos utilizados pelos autores foram:

- a. **Área colhida:** a área de cultura que é colhido em um país ou região em um determinado ano. Isso difere da quantidade de terras aráveis, posto que a mesma área de terra pode ser plantada e colhida várias vezes em um mesmo ano, enquanto a terra em pousio não é plantada ou colhida.
- b. **Área agrícola em um determinado país ou região:** inclui terras aráveis ocupadas com cultivos anuais, pastagens permanentes e cultivos perenes, incluindo florestas plantadas.
- c. **Intensidade de cultivo:** a proporção entre a área efetivamente colhida e a quantidade de terra arável utilizada.

A relação entre estes conceitos é a seguinte equação:

$$\text{Área colhida} = \text{área agrícola} \times \text{intensidade de cultivo.}$$

Para sua análise, os autores se basearam no volume de biocombustíveis produzidos, calculando a quantidade equivalente de biomassa e a área de terra que seria requerida.

### 3. O recurso terra

Uma visão geral da cobertura e do uso da terra nos países do estudo de Langeveld (2013) é apresentado na Tabela 6. China, Brasil e EUA são os países de maior extensão territorial, e o Brasil tem a maior área de floresta (cerca de 40 % da área florestal dos países em estudo). A área agrícola é elevada em todos os países, sendo maior na China e EUA e em menor escala na UE, Moçambique e África do Sul, situando-se o Brasil em escala intermediária. Enquanto a agricultura é mais importante nos EUA e na UE, a proporção da área de pastagens é maior na China e no Brasil, embora a pecuária também seja importante nos EUA, do mesmo modo que a agricultura o é na China. A intensidade de cultivo, expressa como a soma de toda a área agrícola colhida durante um determinado ano, dividido pelo total das terras aráveis, gera o Índice de Cultivo Múltiplo (MCI, da sigla inglesa para *Multiple Cropping Index*). O MCI foi originalmente desenvolvido como uma medida para aquilatar a intensidade dos sistemas agrícolas tropicais (Beets, 1982), mas pode ser utilizado para regiões temperadas (Bruinsma, 2009).

**Tabela 6.** Cobertura vegetal e uso da terra (milhões de hectares)

Região	Área total	Área de Florestas	Área agrícola	Pastagens permanentes	Agricultura	MCI
<b>Brasil</b>	846	520	273	196	50	0.86
<b>EUA</b>	914	304	411	249	160	0.82
<b>UE</b>	418	157	187	68	107	0.84
<b>Indonésia e Malásia</b>	214	115	62	11	25	1.21
<b>China</b>	933	207	519	393	111	1.45
<b>Moçambique</b>	88	39	49	44	5	1.08
<b>África do Sul</b>	121	9	97	84	13	0.53

Fonte: Langeveld (2013)

## 4. A produção de biocombustíveis

A cana é a matéria-prima predominante para a produção de bioetanol em regiões tropicais. Em áreas temperadas, o bioetanol é obtido principalmente de cereais (milho nos EUA e na China, trigo na UE e na China). Para o biodiesel, as principais matérias-primas são soja (Brasil, EUA), canola (UE) e óleo de palma (Indonésia e Malásia), conforme apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7.** Sistemas de produção das cadeias de biocombustíveis analisadas.

Região	Matéria prima	Biocombustível	Preparo dominante	Uso de insumos
Brasil	Cana-de-açúcar	Bioetanol	Preparo mínimo a cada 5 anos	Moderado
Brasil	Soja	Biodiesel	Plantio direto	Baixo
EUA	Milho	Bioetanol	Preparo intenso	Alto
EUA	Soja	Biodiesel	50% Plantio direto	Moderado
UE	Trigo	Bioetanol	Preparo intenso	Alto
UE	Canola	Biodiesel	Preparo intenso	Alto
UE	Beterraba	Bioetanol	Preparo intenso	Alto
Indonésia e Malásia	Óleo de palma	Biodiesel	Queima pré colheita	Moderado
China	Milho	Bioetanol	Preparo intenso	Muito alto
China	Trigo	Bioetanol	Preparo intenso	Muito alto
Moçambique	Cana-de-açúcar	Bioetanol	Queima da palha	Alto
África do Sul	Cana-de-açúcar	Bioetanol	Queima da palha	Alto

Fonte: Langeveld et al., 2013.

Existem grandes diferenças nos sistemas de produção de matérias primas para biocombustíveis, nem sempre convenientemente capturados pelos modelos. Há uma série de práticas que determinam o desempenho da cadeia de produção de biocombustíveis, incluindo a queima de folhas de cana antes da colheita, até o sistema de aração e gradagem de cultivos anuais, no Hemisfério Norte. A queima da cana-de-açúcar é praticada antes da colheita manual, a fim de evitar lesões aos trabalhadores, encontrando-se em extinção no Brasil, porém ainda utilizada em outros países. Estas práticas provocam uma perda considerável de matéria orgânica do solo, além de que as emissões de material parti-

culado da queima da cana constituem-se em uma ameaça à saúde dos trabalhadores e habitantes de regiões vizinhas.

Sistemas intensivos de cultivo, causando perda de carbono do solo, são comuns na UE e na China, mas nem tanto no Centro-Oeste dos EUA e no cultivo de soja no Brasil, que adotaram práticas mais conservacionistas de preparo do solo, em especial plantio direto ou cultivo mínimo. O uso de fertilizantes e agroquímicos é altamente variável, sendo baixo a moderadamente baixo no Brasil, Indonésia, Malásia e África Austral e mais intenso na produção de cereais (EUA, União Europeia e China) e de canola. O cultivo de beterraba ocupa uma posição intermediária.

Os parâmetros associados à produção de culturas da agricultura de energia são apresentados na Tabela 8. A produtividade agrícola é alta para cana (Brasil, África do Sul), beterraba e óleo de palma e para o milho nos EUA, mas nem tanto para o milho e o trigo na União Europeia e China. Canola e soja apresentam rendimentos mais modestos.

**Tabela 8.** Rendimentos dos cultivos, biocombustíveis e coprodutos.

Região	Matéria Prima	Rendimento do cultivo (ton/ha)	Rendimento em biocombustível (l/ha)	Densidade energética do biocombustível (GJ/ha)	Rendimento do co-produto (ton/ha)
Brasil	Cana	79,5	7.200	152	–
Brasil	Soja	2,8	600	18	1,8
EUA	Milho	9,9	3.800	80	4,2
EUA	Soja	2,8	600	18	1,8
UE	Trigo	5,1	1.700	37	2,7
UE	Canola	3,1	1.300	43	1,7
UE	Beterraba	79,1	7.900	168	4,0
Indonésia e Malásia	Palma de óleo	18,4	4.200	90	4,2
China	Milho	5,5	2.200	46	2,9
China	Trigo	4,7	1.700	36	2,5
Moçambique	Cana	13,1	1.100	23	–
África do Sul	Cana	60,0	5000	107	–

Fonte: Langeveld, 2013.

Os rendimentos de bioetanol são mais elevados para beterraba e cana-de-açúcar (Brasil). Os rendimentos mais elevados para biodiesel foram observados para o óleo de palma (Indonésia e Malásia). As principais culturas energéticas na realidade são culturas alimentares já cultivadas em larga escala, sendo os melhores exemplos o milho, a soja e a canola. Entretanto, para uma análise realista, é importante quantificar a geração de coprodutos, uma vez que os mesmos são utilizados para arração animal ou produção de energia. Os coprodutos considerados no estudo de Langeveld et al. (2013) foram o resíduo pós destilação do milho (DDGS), o farelo de soja, o farelo de canola, a polpa de beterraba e o farelo de palma.

A alocação de uso de terra exclusivamente para a produção de biocombustíveis foi calculada pela atribuição de uma quota de utilização total da área de acordo com a proporção da destinação de matérias-primas para biocombustíveis, sendo utilizada a mesma metodologia para a alocação de área para coprodutos para fins não energéticos. Os rendimentos de coprodutos são altos para o milho (EUA), óleo de palma e beterraba. Os rendimentos de biomassa por unidade de área são baixos para canola e soja, não sendo considerados coprodutos para o mercado de alimentação humana ou animal na cadeia do bioetanol de cana.

A produção de bioetanol nos países do estudo, de 17,3 bilhões de litros (GL) em 2000, subiu para 85,6 GL em 2010 (Tabela 9).

A maior parte do aumento de produção de bioetanol ocorreu nos EUA, responsável pela produção de 50 GL em 2010. O Brasil é o segundo maior produtor, com 28 GL, seguido pela União Europeia e China. A produção de biodiesel aumentou de 0,8 para 15,1 GL. Em 2010, a UE era a maior produtora, seguida por Brasil e EUA. Indonésia, Malásia, Moçambique e África do Sul não estão produzindo quantidades significativas de biocombustíveis em escala global, embora possam ser importantes produtores em suas respectivas regiões.

**Tabela 9.** Produção de biocombustíveis nos países estudados (GL)

Região	Bioetanol			Biodiesel		
	2000	2010	Incremento	2000	2010	Incremento
<b>Brasil</b>	9,7	27,6	17,9	-	2,1	2,1
<b>EUA</b>	6,1	49,5	43,4	-	2,1	2,1
<b>UE</b>	1,5	6,4	4,9	0,8	10,3	9,5
<b>Indonésia e Malásia</b>	-	-	-	-	0,2	0,2
<b>China</b>	-	2,1	2,1	-	0,4	0,4
<b>Moçambique</b>	-	0,02	0,02	-	0,05	0,05
<b>África do Sul</b>	-	0,02	0,02	-	0,05	0,05
<b>Todas</b>	<b>17,3</b>	<b>85,6</b>	<b>68,3</b>	<b>0,8</b>	<b>15,1</b>	<b>14,3</b>

Fonte: Langeveld et al., 2013.

A produção de biocombustíveis nos países em estudo (86 e 15 GL de etanol e biodiesel, respectivamente) representa 97 % e 77 % do nível de produção total global de cada biocombustível, respectivamente, validando para o plano global o resultado da análise dos países estudados.

## 5. O uso da terra

A área de terras utilizadas para a expansão da produção de matéria prima para biocombustíveis foi calculada dividindo-se o aumento da produção de biocombustíveis (Tabela 9) pelas respectivas taxas de conversão de biomassa para biocombustível. Em teoria, entre 2000 e 2010, a expansão da produção de biocombustíveis nos países do estudo teria exigido um adicional de quase 25 Mha (Tabela 10). Deste total, 11 Mha foram utilizados para obtenção de coprodutos, restando uma expansão líquida para matéria prima para biocombustíveis de 14 Mha.

Mais de 85% da expansão da área ocorreu nos EUA - onde o aumento da produção de biocombustíveis ocupa 5,1 Mha - na União Europeia e no Brasil. A obtenção de coprodutos é relativamente alta nos EUA e

na UE. A baixa taxa de coprodutos no Brasil é explicada pela elevada percentagem de cana de açúcar, cujos resíduos são utilizados principalmente na produção de biocombustíveis ou energia elétrica (cogeração). A vinhaça é reciclada e utilizada como fertilizante.

Tabela 10. Mudanças no uso da terra com a agricultura de energia.

Região	Área adicional (Mha)	Associada com co-produtos (Mha)	Associada com biocombustíveis (Mha)	Mudança no uso da terra (Mha)	Colheita adicional devido ao MCI (Mha)	Mudança no NHA (Mha)
Brasil	4,9	1,8	3,1	12,0	4,9	13,8
EUA	11,0	5,9	5,1	-3,5	10,9	2,3
UE	6,6	3,2	3,4	-11,5	3,6	-11,2
Indonésia, Malásia	0,02	0,01	0,01	8,9	2,0	10,9
China	2,2	0,4	1,8	-13,4	20,3	5,1
Moçambique	0,13	0,03	0,1	1,3	0,9	2,0
África do Sul	0,12	0,04	0,1	-2,7	-1,2	-4,0
Todas as regiões	24,9	11,4	13,5	-9,0	41,5	19,0
Total Global				-47,8	91,5	

Fonte: Langeveld, 2013.

Entretanto, na prática, as estatísticas mostram que, entre 2000 e 2010, os países do estudo apresentaram um declínio líquido na área agrícola total de 9 Mha. A redução de área agrícola nos EUA, na União Europeia, na China e na África do Sul foi de 31 Mha, parcialmente compensada pela expansão da área agrícola no Brasil (12 Mha), da Indonésia e Malásia (8,9 Mha) e de Moçambique. A redução líquida de área utilizada pela agricultura, em todos os países produtores agrícolas do mundo, na década passada, foi de 47,8 Mha. Em muitos casos, a redução de área agrícola tem sido muito maior do que a área de expansão líquida para produção de biocombustíveis, como ocorreu na União Europeia, China e África do Sul. Apenas nos EUA as estatísticas comprovam que a expansão da produção de biocombustíveis é a causa dominante da mudança de uso do solo agrícola.

Esses números constituem um portentoso questionamento à teoria do ILUC, ou, ao menos, aos modelos preditivos de seu impacto.

O aumento da frequência de cultivo da mesma área - refletida pelo aumento do MCI - permite que os agricultores aumentem a área colhida, apesar do encolhimento das áreas agrícolas. Isso tem facilitado colhei-



tas adicionais que equivaleriam à incorporação de 42 Mha. Mais da metade dessa expansão ocorreu na China, onde a política do governo tem sido orientada para a melhoria ou manutenção da capacidade de produção de alimentos, mesmo com a redução de áreas anteriormente destinadas a agricultura, agora utilizadas para habitação, infraestrutura ou clusters industriais. O MCI também acrescentou consideráveis áreas colhidas nos EUA, Brasil, União Europeia, Indonésia e Malásia. Portanto, o papel do MCI no aumento da produção agrícola desde 2000, não poderia ser subestimado nos modelos. Aumentos globais de MCI equivalentes a 92 Mha de área colhida foram suficientes para atender a demanda adicional de produtos agrícolas, compensando a redução da área agrícola.

Em decorrência, a melhoria do MCI em quase todos os países foi mais do que suficiente para compensar a expansão da área de biocombustíveis: este é o caso no Brasil, onde o MCI gerou 5 Mha, enquanto os biocombustíveis necessitaram apenas 3 Mha - um saldo positivo de 2 Mha; dos EUA (11 Mha adicionais de MCI x 5 Mha para biocombustíveis); UE (balanço positivo de 0,2 Mha); Indonésia / Malásia (mais de 2 Mha positivos); China (19 Mha positivos); e Moçambique (com 0,8 Mha positivos). Do grupo estudado, a África do Sul é a única exceção à regra do aumento da intensidade de cultivo, na década passada.

O balanço do efeito combinado da expansão dos biocombustíveis e da melhoria do MCI, sobre as mudanças na área agrícola, em geral é positivo, não corroborando as previsões negativas dos modelos de ILUC. Juntos, os países incluídos no estudo expandiram a área colhida para outros fins que não biocombustíveis em 19 Mha, aumentando a disponibilidade de alimentos e fibras tradicionais, apesar do vertiginoso crescimento da produção de biocombustíveis.

## 6. Análise da série histórica vis a vis modelos preditivos de ILUC

A implementação de políticas públicas de suporte aos biocombustíveis, no decorrer da primeira década do século XXI, conduziu a uma forte expansão da produção de biocombustíveis nos EUA, na UE, na China e em muitos outros países. Um levantamento na base de dados da FAO indica que nos 34 países estudados ocorreu, em 2010, um aumento na produção de etanol de 68 GL e de 14 GL no biodiesel, em comparação com o ano de 2000 (Langeveld et al., 2013). Esses aumentos, no entanto, não foram suficientes para satisfazer plenamente os objetivos da política de biocombustíveis nos EUA e na UE. A China, a Indonésia e a Malásia têm ajustado as suas políticas em resposta ao consumo substancial de cereais alimentares e aos altos preços do óleo de palma, respectivamente. Para o futuro próximo, é esperada a continuidade da expansão da produção de biocombustíveis, especialmente nos EUA, Brasil, Argentina, e União Europeia. Em decorrência, novos estudos similares àquele conduzido por Langeveld (2013) serão necessários, para efetuar um acompanhamento em tempo real de eventuais impactos da produção de biocombustíveis sobre a demanda de terra e sobre a oferta de alimentos.

A área dedicada à produção de biocombustíveis atingiu 32 Mha em 2010, um aumento de 25 Mha em comparação com 2000, representando cerca de 2% da área de agricultura do mundo (1,5 Gha). Desse aumento, 11 Mha devem ser alocados para coprodutos, usando as taxas de conversão de cada cultura, o que diminui a área exclusiva para biocombustíveis para 21 Mha (1,4% da área de agricultura global). Isso significa que quase a metade do aumento da área de biocombustíveis na verdade é usado para gerar biomassa agrícola para o mercado de alimentação animal. Este fato explica porque, ao ignorar a geração de coprodutos, os modelos superestimaram as necessidades de área em 40% ou mais.

A contribuição dos coprodutos é relativamente alta nos EUA, China e UE, devido à grande parcela de cereais, utilizados para produção de biocombustíveis, com alto rendimento de coprodutos alimentares. Ela é baixa no Brasil, onde a produção de bioetanol é dominada pela cana, cultivo em que os coprodutos são utilizados para cogeração de eletricidade, não tendo sido incluída nos cálculos, por tratar-se de uma contribuição ao suprimento energético.

A biomassa utilizada para a produção de biocombustíveis, calculada a partir das estatísticas da FAO, foi de 527 Mt em 2010. Isto representa um aumento de 334 Mt ao longo da década, dos quais 80 Mt se destinam aos coprodutos. Portanto, a expansão dos biocombustíveis exigiu, efetivamente, 254 Mt de biomassa, sendo o restante destinado aos coprodutos.

A expansão de área (32 Mha, incluindo coprodutos) pode ser explicada devido à concentração da expansão em cereais e oleaginosas, de densidade energética muito inferior à cana. Para o futuro, a taxa de expansão pode ser inferior se houver maior incentivo ao aumento da produtividade e se houver concentração em matérias primas de alta densidade energética. Por exemplo, se a maior parcela dos biocombustíveis provier do cultivo de microalgas, toda a teoria da ILUC será desconstruída.

Na literatura, diferentes hipóteses sobre melhoria de rendimento no futuro mediato podem ser encontradas. Para o milho nos EUA, Searchinger et al. (2008) assumiram uma melhoria de rendimento limitada a 20%, em 30 anos (2008-2038). Ao contrário, Gallagher (2010) pontua que uma parte considerável do milho para biocombustíveis nos EUA poderia ser obtida por melhorias de produtividade no médio prazo.

À guisa de comparação, os dados da FAOSTAT demonstram que uma parcela significativa dessas melhorias de rendimento já ocorreu entre 2000 e 2010. Para as 187 culturas acompanhadas anualmente pela FAO, o crescimento da produtividade foi de 6%. No caso de cereais foi de 16% e para grãos forrageiros de 23%. O aumento dos rendimentos

de cana-de-açúcar no Brasil e de trigo na UE foram de 17% e 11%, respectivamente, ao longo da última década, enquanto a produtividade de milho cresceu 11,7% nos EUA e 20% em escala global. A produtividade de soja cresceu 19%, em escala global, no mesmo período.

A perda de área agrícola devido à urbanização, nos países industrializados (EUA, EU e África do Sul), é duas vezes maior do que a expansão dos biocombustíveis (31 versus 14 Mha), de acordo com Langeveld (2013). A expansão da área agrícola em outros países (Brasil, Indonésia, Malásia e Moçambique) foi de 22 Mha, porém as mudanças na intensificação dos cultivos aráveis foram ainda maiores. Em uma escala global, o MCI aumentou 7% em um período de dez anos. Isso pode não parecer muito, porém, se a taxa for aplicada a uma área de quase 1,5 Gha utilizados para a agricultura, em todo o mundo, as implicações são enormes. Na área do estudo, a melhoria da intensidade de cultivo tem sido variável, tendo aumentado 14% na China, 10 % no Brasil e em Moçambique, e 4% na UE. Outros países têm uma posição intermediária.

Nos países constantes do estudo de Langeveld et al (2013), 42 Mha adicionais foram colhidos através do MCI, sem expansão de área. Tanto a redução do pousio quanto o multicultivo no mesmo ano agrícola foram pouco considerados no debate sobre ILUC até agora, o que é uma grave omissão, tendo em vista que a melhoria no MCI foi identificada como a principal fonte de aumento da área colhida (Bruinsma, 2009). O mesmo autor também alerta para a subestimação dos aumentos de produtividade, indicando que os modelos econômicos utilizados na avaliação das políticas de biocombustíveis parecem ter negligenciado a contribuição potencial do MCI, assim como subestimaram o crescimento da produtividade.

A opinião de Langeveld et al. (2013) é que, para o futuro, o MCI deverá seguir sua trilha de aumento. As magnitudes, no entanto, dependem das culturas e dos sistemas agrícolas. As regiões tropicais, como o Brasil, têm um potencial maior para intensificação da agricultura, pela oferta climática compatível com a demanda dos cultivos. Cereais e oleaginosas, com ciclos de crescimento relativamente curtos, ofere-

cem boas perspectivas. Já a cana e a palma de óleo, ocupando terra durante todo o ano, tem potencial limitado para aumentar o MCI. As alterações climáticas também podem oferecer novas oportunidades para regiões temperadas, por exemplo, se as temperaturas na primavera permitirem a colheita precoce de cereais de inverno, a tempo de ser implantado novo cultivo (Nafziger, 2008).

O estudo de Langeveld (2013) apresenta diversos méritos incontestáveis. Por exemplo, particionar a biomassa conforme seu uso final (alimentação ou biocombustíveis) resulta em uma análise mais realista do impacto sobre a demanda de área para biocombustíveis. Também foi assaz importante trazer à luz dados reais, de países produtores de biocombustíveis, contrastando com a previsão dos modelos matemáticos de ILUC. Desta forma lança-se um repto para questionar mudanças no uso da terra projetadas por modelos que, no limite, poderiam chegar a 50 Mha em 2050 e que, na realidade, poderão ser facilmente compensadas por incrementos no MCI e na produtividade, eliminando o efeito ILUC. Para referendar esta afirmativa, apenas na última década o MCI foi responsável por um aumento da área colhida (sem expansão real de área) de quase 92 Mha, a maior parte absorvida pela produção de alimentos (Tabela 8).

Entendemos que os resultados do estudo de Langeveld (2013) são relevantes para os debates relacionados com a produção de biocombustíveis, particularmente em relação ao ILUC, posto que a expansão dos biocombustíveis não foi o principal fator que ocasionou a mudança no uso da terra, na década passada. A perda de terra arável devido à urbanização equivaleu a duas vezes a área de expansão de biocombustíveis. Esta perda é permanente, o que não é o caso na produção de biocombustíveis, onde sempre existe a perspectiva de reversão de uso.

Particularizando a análise acima, os modelos apontaram para um aumento líquido de 0,5 Mha na demanda de área de biocombustíveis no Brasil, a fim de atender a demanda da UE até 2020 (Al Riffai et al., 2012). O aumento da produtividade e a intensificação recente do MCI no Brasil, não referendam essa previsão. De acordo com a base de dados da FAO, entre 2000 e 2010, o MCI incorporou o equivalente a

5 Mha à agricultura brasileira, ou seja, 10 vezes o valor projetado para atender a demanda de biocombustíveis da UE, sem expansão de área. As análises mais realistas indicam que o processo de intensificação deve continuar, o que torna negligível qualquer expansão de área em decorrência de eventual exportação de biocombustíveis para a UE.

Não apenas a discussão do ILUC precisa ser repensada, como o próprio debate alimentos versus biocombustível deve ser reposicionado, à luz das estatísticas recentes. Enquanto nos países estudados por Langeveld et al. (2013) foram necessários 14 Mha de terra arável para a produção de biocombustíveis, esta área foi mais do que compensada pelo aumento da intensidade de cultivo. De acordo com o FAOSTAT, no mesmo período a área colhida para atender os mercados de alimentos e de arração animal aumentou por efeito do MCI. Lembrando que não é a expansão dos biocombustíveis mas a perda de terras agrícolas devido à urbanização o principal redutor das áreas utilizadas para a agricultura.

Keeney e Hertel (2008) indicaram que a previsão de impactos ambientais das políticas de biocombustíveis requer mais cuidado na formulação do modelo, bem como exige conhecimento empírico suficiente de oferta e demanda de produtos agrícolas. Atualmente, apenas alguns parâmetros-chave (por exemplo, a elasticidade de rendimento e a elasticidade de resposta da expansão da área plantada) determinam o resultado do uso da terra nos estudos de modelagem do efeito ILUC. Os autores contestam essa simplificação, entendendo que deve ser verificado até que ponto os modelos de análise previram corretamente os ajustes na produção agrícola e as práticas de uso da terra, quando cotejados com os dados reais. Os elementos essenciais que podem ter faltado incluem mudanças no pousio e na intensificação do uso da terra (MCI), ganhos de rendimento e perda de terras agrícolas devido à urbanização, infraestrutura e indústria.

Keeney e Hertel (2008) previram um aumento da produção agrícola futura, coincidindo com a redução das áreas de florestas e pastagem nos EUA, na UE e na América Latina. Entretanto, as estatísticas da FAO mostram que, durante a última década, a área florestal nos EUA e

na UE aumentou, enquanto a área de pastagem se manteve constante nos EUA e no Brasil, porém a oferta de alimentos e biocombustíveis cresceu.

A implicação da mudança nos modelos de estimativas de emissões de gases de efeito estufa provenientes da produção de biocombustíveis é potencialmente significativa. Avaliações de liberação de carbono devido à ILUC têm sido usadas para sustentar os ajustes nas políticas de biocombustíveis na UE (Al-Riffai, 2012). A revisão proposta significaria uma reconsideração do ponto de vista geralmente assumido de que os biocombustíveis são importantes causas da mudança indireta do uso da terra. Os novos estudos questionam este ponto de vista e contrapõem números calcados na realidade de campo aos modelos matemáticos que, até muito recentemente, eram o fundamento exclusivo para considerar o impacto do ILUC na produção de biocombustíveis.

## 7. Conclusões do Capítulo II

A expansão da produção de matéria prima para biocombustíveis é muitas vezes considerada uma grande ameaça para a produção de alimentos para consumo humano e animal, e uma importante fonte de mudança no uso da terra e de disponibilidade de biomassa que, no limite, conduziria ao desmatamento. No entanto, os estudos recentes, como aquele realizado por Langeveld et al. (2013), com base em estatísticas da FAO sobre produção vegetal e uso da terra no período de 2000 a 2010, revelam que o impacto prático da expansão dos biocombustíveis sobre o uso da terra tem sido muito limitado, quando não é nulo. Um aumento de 14 Mha foi observado nos 34 países principais produtores de biocombustíveis, entre 2000 e 2010. Durante o mesmo período, o aumento da intensidade de cultivo permitiu colher mais de 42 Mha por cultivos sucessivos, na mesma área e no mesmo ano agrícola, o que corresponde a três vezes a área de expansão dos biocombustíveis.

Nessa mesma década, apesar da produção recorde de biocombustíveis, foi observada uma redução global de 47,8 Mha na área agrícola global, embora a produção agrícola total mantivesse a mesma taxa de cresci-

mento de anos anteriores, devido a um aumento de 91,5 Mha no MCI, além dos ganhos de produtividade do período. Em face do estudo em tela, entende-se que a teoria que sustenta o ILUC foi fortemente abalada, devendo ser revista, bem como os modelos matemáticos de ILUC, que servem de sustentação para a definição das políticas de fomento aos biocombustíveis.

## Referências

A SQUEAKER, with more to come. 2009. Disponível em: <[http://www.economist.com/world/unitedstates/displaystory.cfm?story\\_id=13952934](http://www.economist.com/world/unitedstates/displaystory.cfm?story_id=13952934)>. Acesso em: 26 jun. 2013.

AL-RIFFAI, P.; DIMARANAN, B.; LABORDE, D. **Global trade and environmental impact study of the EU biofuels mandate**: Final report. Mar. 2010. Disponível em: <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2010/march/tradoc\\_145954.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2010/march/tradoc_145954.pdf)>. Acesso em: 3 jun. 2013.

ANALYSIS finds that first-generation biofuel use of up to 5.6% in EU road transport fuels delivers net CGH emissions benefits after factoring in indirect land use change. **Green Car Congress**, 26 mar. 2010a. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2010/03/if-pri-20100326.html>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

ARIMA, E., RICHARDS, P., WALKER, R. AND CALDAS, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, Bristol, v.6, n.1498, p.1747–1752, 2011.

ASH, M.; LIN, W. Regional crop yield response for US grains. **Agricultural Economic Report 577**. Washington: U.S. Dept. of Agriculture, Economic Research Service, 1987. 43 p. Disponível em: <<http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10853172/PDF>>. Acesso em: 26 jun. 2013.



ASSESSING the Land Use Change Consequences of European Bio-fuel Policies. **International Food Policy Research Institute**. 2011. Disponível em: <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc\\_148289.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2013.

BAKER, D. State readies stringent fuel standards. **SFGate**, San Francisco, CA, 22 Abr. 2009. Disponível em: <<http://www.sfgate.com/green/article/State-readies-stringent-fuel-standards-3164011.php>>. Acesso em: 2 jun. 2013.

BANSE M.; VAN MEIJL. H.; WOLTJER, G. Biofuel policies, production, trade and land use. In: LANGEVED, H.; SANDERS, J.; MEEUSEN, M. (Ed.). **The biobased economy: biofuels, materials and chemicals in the post-oil era**. London: Earthscan, 2010. p. 244–258

BEACH, B. H.; ZHANG, Y. W.; MCCARL, B. A. Modeling bioenergy, land use, and GHG emissions with FASOMGHG: model overview and analysis of storage cost implications. **Climate Change Economics**, Singapore, v. 3, n.3, p.1250012-1 a 34, 2012.

BEETS, W. C. **Multiple cropping and tropical farming systems**. Aldershot: Gower, 1982. 156 p.

BERNING, N. EPA confirms most corn ethanol worsens global warming pollution. **Friends of the Earth**, Washington, DC, May, 5, 2009. News releases. Disponível em: <<http://www.foe.org/news/news-releases/2009-05-epa-confirms-most-corn-ethanol-worsens-global-warmin>>. Acesso em: 7 jun. 2013.

BIO asks EPA to maintain flexibility in life-cycle analysis for RFS. **Biomass Magazine**, jun. 9, 2009. Disponível em: <<http://biomassmagazine.com/articles/2763/bio-asks-epa-to-maintain-flexibility-in-life-cycle-analysis-for-rfs/>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

BIOFUEL give EPA na earful on renewable fuel standard. **Environment News Service**, Washington, DC, 9 jun. 2009. Disponível em: <<http://www.ens-newswire.com/ens/jun2009/2009-06-09-094.asp>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

BIOFUEL Companies Question ARB's Inclusion of Indirect Effects in Low Carbon Fuel Standard. 2008. Disponível em: <<http://www.green-carcongress.com/2008/10/biofuel-compani.html>> . Acesso em: 2 jun. 2013.

BIRDLIFE INTERNACIONAL. **Inadequacy of the renewable energy directive**. 2013. Disponível em: <[http://www.birdlife.org/eu/EU\\_policy/Bio-fuels/eu\\_biofuels5.html](http://www.birdlife.org/eu/EU_policy/Bio-fuels/eu_biofuels5.html)> . Acesso em: 4 jun. 2013.

BRASHER, P. Brazil biofuels' land-use issue. **DesMoinesRegister.com**, Des Moines, 8 feb. 2010. Comments. Disponível em: <<http://blogs.desmoinesregister.com/dmr/index.php/2010/02/08/do-brazils-biofuels-have-land-use-issue>> . Acesso em: 2 jun. 2013.

BRAVENDER, R.; GEMAN, B.; LUNTZ, T. Farm Interests Use EPA spending bill to fight climate regs. **The New York Times** , New York, 19 jun. 2009. Energy & Environment. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/gwire/2009/06/19/19greenwire-farm-interests-use-epa-spending-bill-to-fight-85048.html>> . Acesso em: 9 jun. 2013.

BROKEN biofuel policies still driving rainforest destruction - Revised EU sustainability guidelines too weak and not the full picture. **Greenpeace**, 10 jun. 2010. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/eu-unit/press-centre/press-releases2/broken-biofuel-policies-still>> . Acesso em: 18 jun. 2013.

BROTHER, J. With something for everyone, climate bill passed. **The New York Times**, New York, 30 jun. 2009. Politics. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2009/07/01/us/politics/01climate.html?pagewanted=1&r=3&ref=science>> . Acesso em: 23 jun. 2013.

BRUINSMA, J. The resource outlook to 2050: by how much do land, water use and crop yields need to increase by 2050? In: EXPERT MEETING ON HOW TO FEED THE WORLD IN 2050. Rome: FAO: ESDD, 2009. 33p. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/ak542e/ak542e06.pdf>> . Acesso em: 16 jul. 2013.

BUCHANAN, W. Air resources board moves to cut carbon use. **SFGate**, San Francisco, CA, 24 apr. 2009. Disponível em: <<http://www.sfgate.com/green/article/Air-Resources-Board-moves-to-cut-carbon-use-3243880.php#photo-2392010>>. Acesso em: 5 jun. 2013.

BUIS, T. ILUC: the biggest threat to ethanol and agriculture. **Ethanol Producer Magazine**, nov. 11, 2009. Disponível em: <<http://ethanolproducer.com/articles/6136/iluc-the-biggest-threat-to-ethanol-and-agriculture/>>. Acesso em: 4 jun. 2013.

CALIFORNIA Adopts Low Carbon Fuel Standard. **Greentec Media**. 2009b. Disponível em: <<http://www.greentechmedia.com/articles/california-adopts-low-carbon-fuel-standard-6083.html>>. Acesso em: 20 jun. 2013.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Carbon intensity lookup table for gasoline and fuels that substitute for gasoline**. 2009. Disponível em: <[http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/121409lcfs\\_lutables.pdf](http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/121409lcfs_lutables.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2013.

CALIFORNIA AIR RESOURCES BOARD. **Low carbon fuel standard reporting tool (LCFS RT): User guide version 1.0**. 2010. Disponível em: <<http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/lcfs-rt-user-guidev1.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

CARB votes 9-1 for California Low Carbon Fuel Standard; moves up indirect land use review to Jan 2011 in response to outcry on ILUC. 2009. Disponível em: <<http://www.biofuelsdigest.com/blog2/2009/04/24/carb-votes-9-1-for-california-low-carbon-fuel-standard-moves->>. Acesso em: 22 jun. 2013.

CARROL, V. Coddling the ethanol industry: will feds even white-wash its carbon footprint?. **The Denver Post**, Denver, 5 set. 2009. Opinion. Disponível em: <[http://www.denverpost.com/commented/ci\\_12329062?source=commented-opinion](http://www.denverpost.com/commented/ci_12329062?source=commented-opinion)>. Acesso em: 11 jun. 2013.

CENTER FOR ADVANCED BIOENERGY RESEARCH - CABER. **Climate change bill passes, with five-year punt on indirect land use change**. 2009. Disponível em: <<http://bioenergyuiuc.blogspot.com/2009/06/climate-change-bill-passes-with-five.html>> . Acesso em: 30 jun. 2013.

CHOI, J.; HELMBERGER, P. How sensitive are crop yields top price changes and farm programs?. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, Kentucky, KY, v.25, p.237-244, 1993.

CLIMATE Change Bill Passes on Razor-Thin Margin, Tougher Battle Lies Ahead. **Money Watch CBS News**. 2009. Disponível em: <<http://www.cbsnews.com/news/climate-change-bill-passes-on-razor-thin-margin-tougher-battle-lies-ahead/>> . Acesso em: 4 jun. 2013.

CNN. California adopts first-ever low-carbon fuel rule. **CNN News**. 2009. Disponível em: <<http://money.cnn.com/2009/04/23/news/economy/california.reut/index.htm>> Acesso em: 19 jun. 2013.

COMMISSION sets up system for certifying sustainable biofuels. **Europa Press Release Database**, Brussels, 10 jun. 2010. Disponível em: <<http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/711&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en>> Acesso em: 22 jun. 2013.

COMPROMISE Amendment to Waxman-Markey Bill Prohibits EPA From Using Indirect Land Use Change Metrics on Biofuels for 5 Years While National Academies Research the Issue. 2009. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2009/06/peterson-20090626.html>> . Acesso em: 12 jun. 2013.

CROEZEN, H.; BROUWER, F. **Estimating indirect land use impacts from by-products utilization**. CE, Delft. 2008. Disponível em: <[http://www.ce.nl/art/uploads/file/08\\_4723\\_30.pdf](http://www.ce.nl/art/uploads/file/08_4723_30.pdf)> . Acesso em: 24 jul. 2013.

ELOBEID, A. E.; CARRIQUIRY, M. A.; FABIOSA, J. F. Land-use change and greenhouse gas emissions in the FAPRI-CARD model system: addressing bias and uncertainty. **Climate Change Economics**, Singapore,

v.3, n.3, 1250014, 2012. Disponível em: <<http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S2010007812500145>>. Acesso em: 22 ago. 2013.

ENDOGENOUS agricultural land supply: estimation and implementation in the GTAP model. 2006. Disponível em: <[https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res\\_display.asp?RecordID=2007](https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=2007)>. Acesso em: 4 jun. 2013.

EPA Deems Sugarcane Ethanol an Advanced Biofuel. 2010. Disponível em: <<http://domesticfuel.com/2010/02/04/epa-deems-sugarcane-ethanol-an-advanced-biofuel/>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

EPA lifecycle analysis of greenhouse gas emission from renewable fuels. In: EPA. **Regulatory announcement**. 2010a. 4p. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f10006.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

EPA Proposes Changes To Biofuel Regulations. **The Washington Post**. 2009. Disponível em: <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2009/05/05/AR2009050503731.html?hpid%3Dmoreheadlines&sub=AR>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

EPA Proposes New Regulations for Renewable Fuel Standard to Implement Requirements of EISA; GHG Reduction and Indirect Land Use Change Effects Included. 2009b. Disponível em: <<http://www.green-carcongress.com/2009/05/epa-nprm-20090505.html>>. Acesso em:

EPA. **Renewable fuel standard program (RFS2) regulatory impact analysis**. 2010b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/renewablefuels/420r10006.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

EPA. **Renewable fuel standards (RFS)**. 2013a. Disponível em: <<http://www.epa.gov/otaq/fuels/renewablefuels/index.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2013

EPA's RFS Proposal: One Step Forward ... and Another Step Back?.

**Clean Air Task Force.** 2009. Disponível em: <<http://www.catf.us/newsroom/releases/2009/20090505-RFS2.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2013.

ETHANOL Groups Challenge Constitutionality of California LCFS.

2009C. RFA – RENEWABLE FUEL ASSOCIATION. Disponível em: <<http://renewablefuelsassociation.cmail1.com/T/ViewEmail/y/9E510C2CBC9CF893/968C17640481D3A09A8E73400EDACAB4>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

ETHANOL Groups File Suit Challenging Constitutionality of California

Low Carbon Fuel Standard. 2009a. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2009/12/rfa-lcfs-20091225.html#more>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

ETHANOL Groups Sue California Over Low-Carbon Rule. 2009b. Dis-

ponível em: <<http://online.wsj.com/article/SB126169282611304857.html>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

EU renewable energy directive 2008: summary of WWF position. Dis-

ponível em: <[http://assets.panda.org/downloads/eu\\_renewable\\_energy\\_directive\\_2008\\_summary.pdf](http://assets.panda.org/downloads/eu_renewable_energy_directive_2008_summary.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2013

EUROPEAN Commission Sets Up System for Certifying Sustainable

Biofuels. 2010b. Disponível em: <<http://www.greencarcongress.com/2010/06/ecsust-20100610.html#more>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

EUROPEAN COMMISSION. **Trade:** policy: policy making: analysis: biofuels and global trade study goes online. Brussels, BE, 25 Mar.

2010. Disponível em: <<http://trade.ec.europa.eu/doclib/press/index.cfm?id=542>>. Acesso em: 2 mar. 2013.

EXECUTIVE Summary: Understanding Land Use Change and U.S. Ethanol Expansion. 2009. RFA - RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. Dis-

ponível em: <[http://ethanolrfa.3cdn.net/22b4399d72d64c1ca5\\_bgm-6bri11.pdf](http://ethanolrfa.3cdn.net/22b4399d72d64c1ca5_bgm-6bri11.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2013.

FAOSTAT. 2013. Disponível em <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>. Acesso em: 22 jul. 2013.

FAOSTAT. **Agricultural Database**. Disponível em: <[www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)>. Acesso em: 9-14 jun. 2013.

FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, D.; HAWTHORNE, P. Biofuels: effects on land and fire. **Science**, v.321, p.199-200, 2008b. Disponível em: <[http://web.ornl.gov/info/ornlreview/v41\\_3\\_08/ScienceMag\\_Kline\\_Dale\\_a06\\_080711.pdf](http://web.ornl.gov/info/ornlreview/v41_3_08/ScienceMag_Kline_Dale_a06_080711.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2013.

FARGIONE, J.; HILL, J.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; HAWTHORNE, P. Land clearing and the biofuel carbon debt. **Science**, v. 319, n.5867, p.1235–1238, 2008a.

FARREL, A. E.; PLEVIN, R. J.; TURNER, B. T.; JONES, A. D.; O'HARE, M.; KAMMEN, D. M. Ethanol can contribute to energy and environmental goals. **Science**, v.311, n.5760, p.506–508, 2006.

FARRELL, A. E. Better biofuels before more biofuels. **San Francisco Chronicle**. 2008. Disponível em: <<http://www.sfgate.com/green/article/Better-biofuels-before-more-biofuels-3294559.php>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

FRANCOIS, J.; MANCHIN, M.; NORBERG, H.; PINDYUK, O.; TOM-BERGER, P. **Reducing transatlantic barriers to trade and investment** : an economic assessment. London: Centre for Economic Policy Research, 2013. 116p. Final Project Report. Disponível em: <[http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2013/march/tradoc\\_150737.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2013/march/tradoc_150737.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2013.

GALBRAITH, K. Biodiesel makers lash out at E.P.A. rule. **The New York Times**, New York, 7 mai. 2009. Environment. Disponível em: <<http://greeninc.blogs.nytimes.com/2009/05/07/biodiesel-group-lashes-out-at-epa-rule/?scp=1&sq=EPA%20RFS%20&st=cse>>. Acesso em: 21 jun. 2013.

GALLAGHER, E. The Gallagher Review of the indirect effects of biofuels production. **Renewables Fuel Agency**. 2008. Disponível em: < [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/UNIDO\\_Header\\_Site/Subsites/Green\\_Industry\\_Asia\\_Conference\\_\\_Maanila\\_/GC13/Gallagher\\_Report.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/UNIDO_Header_Site/Subsites/Green_Industry_Asia_Conference__Maanila_/GC13/Gallagher_Report.pdf) > . Acesso em: 12 jun. 2013.

GALLAGHER, P. Corn ethanol growth in the US without adverse foreign land use change: defining limits and devising policies. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v.4, n.3, p.296-309, 2010.

GEMAN, B. Obama administration prepares to push biofuels. **Scientific American**, 2009. Disponível em: < <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=obama-administration-pushes-biofuels> > . Acesso em: 19 jun. 2013.

GIANNAKIS, K.; SCHONEY, R.; TZOUVELEKAS, V. Technical efficiency, technological change and output growth of wheat farms in Saskatchewan. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v.49, n.152, 2001.

GOLDENBERG, S. Barack Obama's \$1.8bn vision of greener biofuel. **The Guardian**, 6 may 2009. Disponível em: < <http://www.guardian.co.uk/world/2009/may/06/obama-ethanol-green-biofuel> > . Acesso em: 30 jun. 2013.

GOLUB, A. A.; HERTEL, T. W. Modeling land-use change impacts of biofuels in the GTAP-BIO framework. **Climate Change Economics**, v.3, n.3, 2012. Disponível em: < <http://web.ics.purdue.edu/~hertel/data/uploads/publications/golub-hertel-climate-change-economics.pdf> > . Acesso em: 27 nov. 2013.

GREEN fuels produce twice as much carbon as fossil fuels. 2009. Disponível em: < <http://www.telegraph.co.uk/earth/greenertransport/5153781/Green-fuels-produce-twice-as-much-carbon-as-fossil-fuels.html> > . Acesso em: 14 jun. 2013.



GREEN groups sue Commission over withheld biofuels docs. **Transport & Environment**. 2010. Disponível em: <http://www.transportenvironment.org/News/2010/3/Green-groups-sue-Commission-over-withheld-biofuels-docs/>. Acesso: 2 jun. 2013.

GROUP of Scientists and Economists Urge Inclusion of Indirect Land Use Change Effects for Biofuels and All Transportation Fuels in California LCFS. 2008b. Disponível em: [www.greencarcongress.com/2009/04/usc-lcfs-20090421.html](http://www.greencarcongress.com/2009/04/usc-lcfs-20090421.html). Acesso em: 30 jun. 2013.

GRUNWALD, M. The clean energy scam. **Time Magazine**. 2008. Disponível em: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,1725975,00.html>. Acesso em: 17 jun. 2013.

HADLEY, D. Patterns in technical efficiency and technical change at the farm-level in England and Wales. **Journal of Agricultural Economics**, v. 5, p.81-100, 2006.

HARRISON, P.; DUNMORE, C. EU report signals U-turn on bio-fuels target. **Reuters**, 25 mar. 2010. Disponível em: <http://www.reuters.com/article/2010/03/25/us-eu-energy-biofuels-idUSTRE62030420100325>. Acesso em: 11 jun. 2013.

HARTWIG, M. House passes historic climate bill. **Renewables Fuel Association Press Release**, 26 jun 2009. Disponível em: <http://renewablefuelsassociation.cmail1.com/T/ViewEmail/y/C192A849C6FF6842>. Acesso em: 19 jun. 2013.

HERTEL, T. W.; GOLUB, A. A.; JONES, A. D.; O'HARE, M.; PLEVIN, R. J.; KAMMEN, D. M. Effects of US maize ethanol on global land use and greenhouse gas emissions: estimating market-mediated responses. **BioScience**, v. 60, n.3, p. 223-231, 2010.

HIEDERER, R.; RAMOS, F.; CAPITANI, C. ET AL. Biofuels: a new methodology to estimate GHG emissions from global land use change. A methodology involving spatial allocation of agricultural land demand

and estimation of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions. **JRC European Commission**. 2010. Disponível em: <[http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb\\_archive/eusoils\\_docs/other/EUR24483.pdf](http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eusoils_docs/other/EUR24483.pdf)>. Acesso em: 21 jun. 2013.

IF a Tree Falls in the Forest, Are Biofuels To Blame? It's Not Easy Being Green. **The Wall Street Journal**. 2008a. Disponível em: <<http://online.wsj.com/article/SB122636711059015989.html>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

JHA, A. UK biofuels target creating more emissions, environmentalists claim. **The Guardian**. 2009. Disponível em: <<http://www.guardian.co.uk/environment/2009/apr/15/biofuels-carbon-emissions>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

JOBE, J. The debate on clean energy. **Time Magazine**. 2008. Disponível em: <<http://archive.is/9GeWo>>. Acesso em: 6 jun. 2013.

KAAT, A. Final biofuel directive limits impact on wetlands. **Wetlands International**. 2009. Disponível em: <<http://www.wetlands.org/NewsandEvents/NewsPressreleases/tabid/60/arti.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

KAHN, D. California adopts low carbon fuel standard. **Scientific America**. 2009. Disponível em <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=california-adopts-low-car>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

KANTER, J. Biofuels and 'land grabs' in poor nations. **The New York Times**, New York, 12 jun. 2009. Environment. Disponível em: <<http://greeninc.blogs.nytimes.com/2009/06/12/biofuels-and-land-grabs-in-poor-nations/>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

KANTER, J. Parsing Europe's new biofuel rules. **The New York Times**, New York, 11 jun. 2010b. Environment Disponível em: <<http://green.blogs.nytimes.com/2010/06/11/parsing-europes-new-biofuel-rules/?emc=eta1>>. Acesso em: 28 jun. 2013.

KANTER, J. Questions about biofuels' environmental costs could alter Europe's policies. **The New York Times**, New York, 11 fev. 2010a. Environment & Energy Disponível em: <<http://www.nytimes.com/2010/02/12/business/energy-environment/12biofuel.html>>. Acesso em: 3 jun. 2013.

KEENEY, R.; HERTEL, T. **GTAP-AGR**: a framework for analysis of multilateral changes in agricultural policies. 2005. 60 p. (GTAP Technical Paper. n. 24). Disponível em: <[www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2310.pdf](http://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2310.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2013.

KEENEY, R.; HERTEL, T. W. **The indirect land use impacts of US biofuel policies**: the Importance of acreage, yield, and bilateral trade responses. Lafayette, Purdue University, 2008. (GTAP Working Paper n.52)

KHANNA, M.; ZILBERMANN, D. Modeling the land-use and greenhouse-gas implications of biofuels. **Climate Change Economics**, v.3, n.3, p.1-15, 2012.

KHO, J. Corn ethanol crew cries foul over EPA emissions ruling. **Gigaom**, 5 may 2009. Disponível em: <<http://earth2tech.com/2009/05/05/corn-ethanol-crew-cries-foul-over-epa-emissions-ruling/>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

KINVER, M. EU biofuels 'need to be certified for sustainability'. **BBC News Science & Environment**, 10 jun. 2010. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/news/10283258>>. Acesso em: 13 jun. 2013.

KLINKE, K. L.; DALE, V. H. Biofuels: effects on land and fire. **Science**, v.321, n.5886, p.199-201, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/321/5886/199.full>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

Langeveld, J. W.A., Dixon, J., van Keulen, H. and Quist-Wessel, P.M. F. (2013). Analyzing the effect of biofuel expansion on land use in major producing countries: evidence of increased multiple cropping. *Biofuels, Bioprod. Bioref.* doi: 10.1002/bbb.1432

LAPOLA ET AL.; SCHALDACH, R; ALCAMO, J; BONDEAU, A; KOCH, J; KOELKING, C; PRIESS, J.A. "Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil". **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.107, n.8, p. 3388–93, 2010.

LETTER to Science. 2008. Disponível em: <[http://www.transportation.anl.gov/pdfs/letter\\_to\\_science\\_anldoe\\_03\\_14\\_08.pdf](http://www.transportation.anl.gov/pdfs/letter_to_science_anldoe_03_14_08.pdf)>. Acesso em: 26 jun. 2013.

LOW carbon fuel standard. 2009. SACBEE – THE SACRAMENTO BEE. Disponível em: <<http://www.sacbee.com/capitolandcalifornia/story/1808713.html>>. Acesso em: 25 jun. 2013.

LYWOOD, W.; PINKNEY, J.; COCKERILL, S. Indirect Effects of Biofuels – Study by the Renewable Fuels Agency. **RFA Indirect Effects of Biofuels Evidence**. 2008. Disponível em: <[http://www.ensusgroup.com/uploads/documents/Ensus\\_Indirect\\_Effects\\_of\\_Biofuels.pdf](http://www.ensusgroup.com/uploads/documents/Ensus_Indirect_Effects_of_Biofuels.pdf)>. Acesso em: 5 jun. 2013.

LYWOOD, W.; PINKNEY, J; AND COCKERILL, S. The relative contributions of changes in yield and land area to increasing crop output. **Bioenergy**, v.1, p.360-369, 2009.

NACHTERGAELE, F.; BRUINSMA, J.; VALBO-JORGENSEN, J.; BARTLEY, D. Anticipated trends in the use of global land and water resources. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 2011. Disponível em <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic\\_reports/TR\\_01\\_web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_01_web.pdf)>. Acessado em 23/7/2013.

NAFZIGER, E. Cropping systems. *Illinois Agronomy Handbook*. 2008. Disponível em: <http://extension.cropsi.illinois.edu/handbook/>. Acessado em 8/7/2013.

NATIONAL BRIEFING | WEST; California: Low-carbon-fuels mandate. **The New York Times**, New York, 24 Apr. 2009. Disponível em: <<http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=9805E6DB113CF937A15757C0A96F9C8B63>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

NEW standards could cut tax breaks for corn-based ethanol. **Los Angeles Times**. 2009. Disponível em: <<http://www.latimes.com/news/nationworld/nation/la-na-corn-ethanol6-20,0,2321568.story>>. Acesso em: 2 jun. 2013.

O PLANO ABC. 2010. MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/plano-abc>>. Acesso em: 9 jun. 2013.

PÉREZ DOMÍNGUEZ, I.; MÜLLER, M. (eds), *Modeling of energy crops in agricultural sector models. A review of existing methodologies*. Joint Research Centre/Institute for Prospective Technological Studies, Seville, Spain (2008).

PI, NPRA ask EPA to consider delay of RFS-2 implementation. 2009. OIL & GAS JOURNAL. Disponível em: <<http://www.ogj.com/articles/print/volume-107/issue-23/general-interest/api-npra-ask-epa-to-consider-delay-of-rfs-2-implementation.html>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

PLANO Brasil 2022. 2010. SAE – SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Disponível em: <<http://www.sae.gov.br/brasil2022>>. Acesso em: 7 jun. 2013.

PLEVIN, R. J.; O'HARE, M.; JONES, A. D.; TORN, M. S.; GIBBS, H. K. Greenhouse gas emissions from biofuels indirect land use change are uncertain but may be much greater than previously estimated. **Environ. Sci. Technol**, v. 44, n.21, p.8015-8021, 2010.

PRESIDENT Obama Announces Steps to Support Sustainable Energy Options, Departments of Agriculture and Energy, Environmental Protection Agency to Lead Efforts. 2009. Disponível em: <[http://www.whitehouse.gov/the\\_press\\_office/President-Obama-Announces-Steps-to-Support-Sustainable-Energy-Options/](http://www.whitehouse.gov/the_press_office/President-Obama-Announces-Steps-to-Support-Sustainable-Energy-Options/)>. Acesso em: 18 jun. 2013.

PROGRAMA de Produção Sustentável de Óleo de Palma no Brasil. 2010A. MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_setoriais/Palma\\_de\\_oleo/1\\_reuniao/Programa.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Palma_de_oleo/1_reuniao/Programa.pdf)>. Acesso em: 9 jun. 2013.

PROGRAMA de recuperação de áreas degradadas. 2010b. MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>>. Acesso em: 9 jun. 2013.

PUBLIC Hearing on EPA's Proposed RFS Rule. 2009. RFA – RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. Disponível em: <<http://renewablefuelsassociation.cmail1.com/T/ViewEmail/y/9049866CBE5DDBF9>>. Acesso em: 18 jun. 2013.

RECONHECIMENTO dos EUA impulsionará embarques no médio prazo. 2009a. UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA. Disponível em: <<http://unica.com.br/convidados/2279168992039673243/etanol-por-cento3A-reconhecimento-dos-eua-impulsionara-embarques-no-medio-prazo/>>. Acesso em: 12 jun. 2013.

REGIONAL EMISSIONS from biofuels cultivation. 25 Mar. 2013. 65 p. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/regional-emissions-from-biofuels-cultivation>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

RENEWABLE fuel standard (RFS). In: EPA. **Fuels and fuel additives**. 2013b. Disponível em: <<http://www.epa.gov/OMS/renewablefuels>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

REPORT highlights benefits of Brazilian sugarcane ethanol, confirms highest emissions savings. UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA CANAVIEIRA. 2010a. Disponível em: <<http://english.unica.com.br/releases/show.asp?rlsCode=%7b0BBE41C2-2FD4-4D09-B088-8A112C031E43%7d>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

RESPONSE to New Fuels Alliance and DOE Analysts Criticisms of Science Studies of Greenhouse Gases and Biofuels. 2008. Disponível em: <[http://www.bioenergywiki.net/images/3/31/Searchinger\\_Response.pdf](http://www.bioenergywiki.net/images/3/31/Searchinger_Response.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2013.

RFS Rules “Workable” - ILUC Inclusion Still Problematic. 2010. Disponível em: <<http://renewablefuelsassociation.cmail1.com/T/ViewEmail/y/78B3C6C380747C63>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

RFS-2 and BCAP Rules Published As Part of Bioenergy Push. 2010. NAWG – NATIONAL ASSOCIATION OF WHEAT GROWERS. Disponível em: <<http://www.wheatworld.org/news-events/2010/02/rfs-2-and-bcap-rules-published-as-part-of-bioenergy-push/>>. Acesso em: 13 jun. 2013.

ROSEGRANT, M. W.; EWING, M.; MSANGI, S.; ZHU, T. Bioenergy and global food situation until 2020/2050. WBGU, Berlin. 2008. Disponível em [http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0807\\_WBGU\\_-\\_Bioenergy\\_and\\_global\\_food\\_situation\\_until\\_2020-2050.pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0807_WBGU_-_Bioenergy_and_global_food_situation_until_2020-2050.pdf). Acessado em 21/7/2013.

SEARCHINGER, T. E-Letter response to M. Wang and Z. Haq’s E-Letter: Ethanol’s Effects on Greenhouse Gas Emissions. **Science**, v.319, n.5867, 2008b. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/eletters/319/5867/1238#10977> e em [http://www.princeton.edu/~tsearchi/writings/Response\\_to\\_Criticisms\\_of\\_New\\_Biofuel\\_Studies.pdf](http://www.princeton.edu/~tsearchi/writings/Response_to_Criticisms_of_New_Biofuel_Studies.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2013.

SEARCHINGER, T. Response to Kline & Dale Biofuels: Effects on Land and Fire. **Science**, v. 321, p.200-201, 2008c. Disponível em: <[http://web.ornl.gov/info/ornlreview/v41\\_3\\_08/ScienceMag\\_Kline\\_Dale\\_a06\\_080711.pdf](http://web.ornl.gov/info/ornlreview/v41_3_08/ScienceMag_Kline_Dale_a06_080711.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2013.

SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A. ET AL. Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. **Science**, v.319, p.1238-1240, 2008a.

SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A.; DONG, F. ELOBEID, A. FABIOSA, J. Supporting online material for 'Use of U.S. Croplands for Biofuels Increase Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change'. *Science* **319**:1238. 2008.

STATEMENT in Response to Science Articles on Biofuels. 2008. NEW FUELS ALLIANCE. Disponível em: <[http://www.ethanolrfa.org/objects/documents/1522/response\\_to\\_science\\_articles\\_on\\_biofuels\\_-\\_new\\_fuels\\_alliance.pdf](http://www.ethanolrfa.org/objects/documents/1522/response_to_science_articles_on_biofuels_-_new_fuels_alliance.pdf)>. Acesso em: 134 jun. 2013.

SUGARCANE ethanol passes critical test in California low carbon fuel standard, says Brazilian Sugarcane Industry Association. World-Wire, Sacramento, CA, 23 apr. 2009. For immediate release. Disponível em: <<http://world-wire.com/news/0904230003.html>>. Acesso em: 29 jun. 2013.

THE TROUBLE with biofuels. *Time*, 14 feb 2008. Science & Space, Disponível em: <<http://content.time.com/time/health/article/0,8599,1713431,00.html>>. Acesso em: 16 jun. 2013.

THIRTLE, C.; LIN, L.; HOLDING, J.; JENKINS, L.; PIESSE, J. Explaining the decline in UK agricultural productivity growth. *Journal of Agricultural Economics*, v.55, p.343-366, 2004.

TIPPER, R.; HUTCHISON, C.; BRANDER, M. A Practical Approach for Policies to Address GHG Emissions from Indirect Land use Change Associated with Biofuels. Technical Paper 80812A. *Ecometrica*. 2009. Disponível em: <[http://d3u3pjcknor73l.cloudfront.net/assets/media/pdf/ILUCV1.2\\_technical.pdf](http://d3u3pjcknor73l.cloudfront.net/assets/media/pdf/ILUCV1.2_technical.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2013.

TYNER, W. E.; TAHERIPOUR, F.; ZHUANG, Q.; BIRUR, D. K.; BALDOS, U. Land Use Changes and Consequent CO2 Emissions due to US Corn Ethanol Production; a Comprehensive Analysis Center for Global Trade. *Analysis. Purdue University*. 2010. Disponível em: <[https://ethanol.org/pdf/contentmgmt/Purdue\\_new\\_ILUC\\_report\\_April\\_2010.pdf](https://ethanol.org/pdf/contentmgmt/Purdue_new_ILUC_report_April_2010.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2013.



UNICA calls for globally harmonized methodologies to assess ILUC. 2009b. UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA CANA-VIEIRA. Disponível em: <<http://english.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode=%7b4236514C-4E5D-4F5F-86C6-44BE4D081B4D%7d>>. Acesso em: 17 jun. 2013.

UNICA: sugarcane ethanol meets CARB low carbon fuel standard. **Biofuels Journal**, 2009. Disponível em: <[http://www.biofuelsjournal.com/articles/unica\\_sugarcane\\_ethanol\\_meets\\_carb\\_low\\_carbon\\_fuel\\_standard-74330.html](http://www.biofuelsjournal.com/articles/unica_sugarcane_ethanol_meets_carb_low_carbon_fuel_standard-74330.html)>. Acesso em: 8 jun. 2013.

UNITED KINGDOM. Department for Transport. Great Minster House. **Carbon and sustainability reporting within the renewable transport fuel obligation requirements and guidance**: government recommendation to the office of the renewable fuels agency. London, 2008. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20080625044948/http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/rtfo/govrecrfa.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

*United Nations Framework Convention on Climate Change* - **UNFCC - COPENHAGEN CLIMATE CHANGE CONFERENCE**. 2009. Disponível em: <[http://unfccc.int/meetings/copenhagen\\_dec\\_2009/meeting/6295.php](http://unfccc.int/meetings/copenhagen_dec_2009/meeting/6295.php)>. Acesso em: 17 jun. 2013.

WALD, M. L. White House steps up support for biofuels. **The New York Times**. New York, 5 may 2009. Environment. Disponível em: <<http://greeninc.blogs.nytimes.com/2009/05/05/white-house-steps-up-support-for-biofuels/>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

WALLANDER, S.; CLAASSEN, R.; NICKERSON, C. The ethanol decade: an expansion of U.S. corn production, 2000-09. Washington ,DC : United States Department of Agriculture, 2011. (Economic Information Bulletin, 79). Disponível em <<http://www.ers.usda.gov/media/121204/eib79.pdf>>. Acesso em 22 jul. 2013.

WANG, M. Updated energy and greenhouse gas emission results of fuel ethanol. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ALCOHOL FUELS, 2005, San Diego. **Anais...** Argonne National Laboratory: 2005. p.1-23. Disponível em: <<http://www.transportation.anl.gov/pdfs/TA/375.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2013.

WICKE, B.; VERWEIJ, P.; VAN MEIJL, H.; VAN VUUREN, D. P.; FAALJ, A. P. C. Indirect land use change: review of existing models and strategies for mitigation. **Biofuels**, v.3, n.1, p.87-100, 2012.

WINTER, A. New biofuels regs could still face fight from Capitol Hill. **The New York Times**, New York, 4 fev. 2010. Environment & Energy. Disponível em: <<http://www.nytimes.com/gwire/2010/02/04/04greenwire-new-biofuels-regs-could-still-face-fight-from-80948.html?emc=eta1>>. Acesso em: 4 jun. 2013.

WINTERS, P. Europe to study indirect land use. **BiotechNow**, 2008. Disponível em: <<http://www.biotech-now.org/environmental-industrial/biofuels-climate-change/2008/12/europe-to-study-indirect-land-use#>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

WORKSHOP on land use change and biofuels, 2009, Vonore, Tennessee. **Land-use change and bioenergy**: report from the 2009 workshop. US Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy and Oak Ridge National Laboratory, Center for Bioenergy Sustainability Oak Ridge National Laboratory, 2009. Disponível em: <[http://www.ornl.gov/sci/ees/cbes/workshops/LandUse\\_Report.pdf](http://www.ornl.gov/sci/ees/cbes/workshops/LandUse_Report.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2013.

ZELLER JUNIOR, T. The biofuel debate: good, bad or too soon to tell?. **The New York Times**, New York, 16 out. 2013. Environment. Disponível em: <[http://green.blogs.nytimes.com/2008/11/03/the-biofuel-debate-good-bad-or-too-soon-to-tell/?\\_r=0](http://green.blogs.nytimes.com/2008/11/03/the-biofuel-debate-good-bad-or-too-soon-to-tell/?_r=0)>. Acesso em: 16 out. 2013.

ZUBRIN, R. **Merchants of despair**: radical environmentalists, criminal pseudo-scientists, and the fatal cult of antihumanism. New York: New Atlantis Books, 2002. 318 p.





***Embrapa Soja***

Rodovia Carlos João Strass, Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231 - CEP: 86001-970 – Londrina – PR  
Telefone: (43) 3371 6000 – Fax: (43) 3371 6100  
[www.cnpso.embrapa.br](http://www.cnpso.embrapa.br)  
[cnpso.sac@embrapa.br](mailto:cnpso.sac@embrapa.br)